Technology Transfer Program（技術移転計画）

計画と生産管理システム（Planning Production Control System）

目次：

１．導入部

１．１　目的と範囲

この研究の目的は、日本（IHI）における生産・生産管理のコンセプトと IHI の造船所における実際の作業環境への適用とを分析することである。TTP（技術移転計画）の他の分野の研究の多くと同様に、Livingston 社（以下、LSCO と略す。当時米国にあった造船所で現在は存在しない。シンガポールの Keppel 社がなれの果て）もしくは米国の他の中手造船所において、利益となりコスト削減となる要素、もしくは適用可能な技法を定義する事である。

この IHI の計画・生産管理システムの実行にあたり、生産計画プロセスや予定作成システム、配員計画、生産管理と言った IHI の生産システムそのものの全ての面において、LSCO でのこうした技法と手段の適用を通して詳細に議論を行った。これから述べる各章において、IHI システムのこうした面の詳細と、LSCO での発見や適用、結論を詳細を述べて行く。

１．２　報告書の構成

この報告書は、大きく分けて次の 2 部で構成されている。一つが発見と結論（この文章全体）、もう一つが添付資料である。この文章は、以下の様に 8 章に分かれている。

第１章　導入部
第２章　IHI の生産システム
第３章　IHI の計画システム
第４章　IHI の予定作成システム
第５章　配員計画と効率測定
第６章　生産管理（生産統制？）
第７章　LSCO での IHI 技術の適用
第８章　米国の造船所における適用

第２章から６章までは、IHI の生産システムと生産計画、管理手法について述べており、第７章と８章とで、米国の造船所への同調と適用について述べている。

添付資料では、この文章で述べている内容についての参考資料を挙げている。ここに挙げた添付資料は、今回のプログラムにおいて IHI から提供を受けたものであり、以下の様な構成になっている：

添付資料 A　専門用語一覧（Glossary of Terms）
添付資料 B　生産中心作業分解構造（Product oriented Work Breakdown Structure）
添付資料 C　船殻ブロック分割図
添付資料 D　ブロック組立図
添付資料 E　工作図各種（Field Plans）
添付資料 F　ゲートシステムの適用

１．３　参照

この報告書では、以下に挙げるような TTP の他の報告書も参照している。

・品質保証　最終報告書（Final Report - Quality Assureance）
・造船業界の関係？　最終報告書（Final Report - Industrial Relations）
・精度管理計画　特別報告書（Special Report - Accuracy Control Planning）
・艤装計画　報告書（Report - Outfitting Planning）

１．４　定義

　この報告書を通して、幾つもの専門用語が、加工から始まり、船台への搭載、そして最終的な仕上げに至るまでの説明において使われている。こうした専門用語は日本の造船手法において特別な意味を持っている。詳細については添付資料 A の専門用語一覧を参照してもらうとしても、幾つかの用語については、ここで説明しておいた方が報告書を理解しやすいだろう。

組立（Assembly）　加工された部品等を組み立てる事により、より大きな組立へと送られるか、もしくは船台へと搭載される要素にまで形作られた構成物

ブロック（Unit）　建造作業での実体物として、独立して組立られたり、取り扱われたり、運搬されたり、釣り上げられたり、置かれたりすることが可能な、定義物。
（原文では Block でなく Unit を用いている。IHI のものは元々「Block」だが、文章内では断わりを付けてまで、わざわざ Unit として表現している。恐らくは Block だと、別のイメージや意味合いになってしまいからだと思われるが、こんなことですら日米間で技法や思想が異なっていたようである）

２．　IHI の生産システム

２．１　概要

　IHI の生産システムは高度に統合されており、複雑に絡み合っている為に理解も難しい。そこで周辺事項についても、理解を容易にする為に簡単にではあるがまとめておきたい。

　生産システムの根底を為す要素として、資材、設備、人材の３つがある。この切り口から IHI の生産システムの概要を見て行きたい。

２．２　資材要素（Material Element）

２．２．１　設計

一般に、資材要素は設計、調達、加工の３つに分ける事ができる。この内、設計機能はIHI では経営本部で行われる。

典型的な造船所の設計活動によって、詳細な作業図面の作成と、生産計画の殆どの部分とが決定されてしまう。しかし、造船所における設計の主要な活動は、どの素材を購入し、どの素材を内作するかを識別し、決定してしまう。システム系統図や、シェルパン、断面図、造船所の標準や素材リストなどを通して、設計者は鋼材や機器、消耗品といった素材を決定する事になる。IHI の調達システムには多くの創造的事項があるものの、エンジニアや調達者が使用するインターフェースや、購入手続きはアメリカのそれと比較的近いものになっている。素材の調達スケジュールは、造船所の計画プロセス全体の一部分であり、これはこのレポートの別の章で説明する事にする。

加工の為の設計は、造船所の設計部の主要な仕事である。上流の図面と仕様から、船の詳細が順々に下流で必要なものへと展開されてゆくのである。図 2－1 はこうした詳細化の流れを示したものである。

設計が詳細化されていく過程で、設計者やエンジニアによって、計画やスケジュールも進められる。

詳細設計図や計画図が作成されて行く中、一連の計画ドキュメントが生成される。
組立仕様計画と作業指示計画の中で、それぞれのユニット毎にドキュメント化される詳細組立手続は：

・加工作業における、マーキング、切断、板曲げ
・ユニット組立（もしくはブロック）部品表
・各ユニット毎の仕上げ寸法計画
・小組計画、大組計画
・組立冶具表
・各ユニット毎の揚重指示

に関係するデータを提供する。

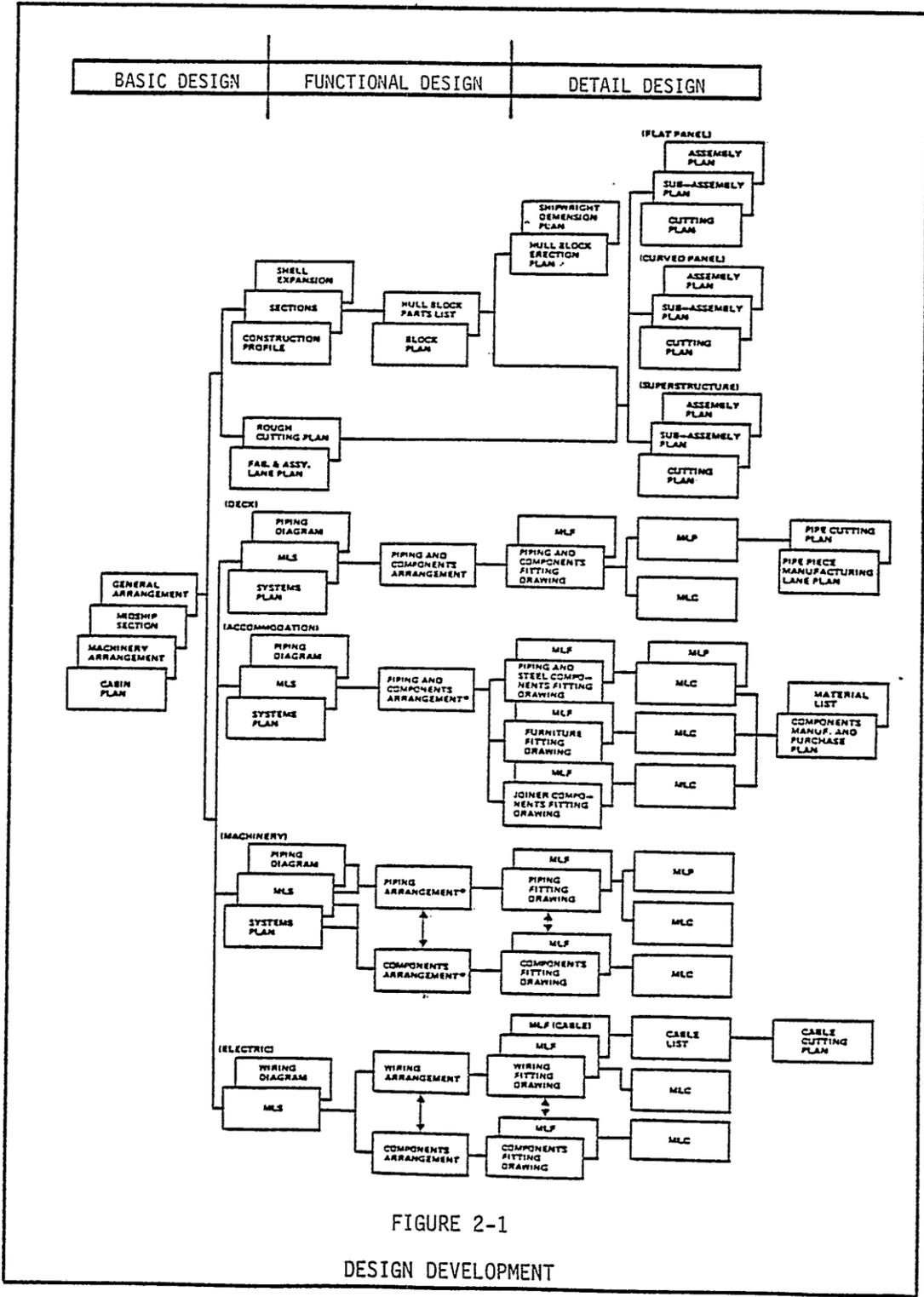



FIGURE 2-1

DESIGN DEVELOPMENT

作業指示計画はまた、次のような仕様項目を搭載プロセスに提供する：
・ブロック配置計画
・造船工寸法計画（？Shipwright Dimensions Plan、盤木配置？）
・ブロックサポート配置
・溶接指示
・足場（Scaffolding）配置計画

設計や生産計画と同様に、品質管理エンジニアは、生産の各段階における製品の精度を維持する為に、購入や生産される機器やブロックの、重要な寸法値を決定する。この品質管理活動は、それが用いられる設計と、生産プロセスの選択とに大きな影響を与える。またこれは、小組、中組、大組という組立サイクルを通して、中間製品（中組やブロックなど）の品質管理の基本にもなっている。図２−２は IHI における品質管理のコンセプトを示している。幾つかの Livingstone 社の報告書では、この品質管理について議論がなされている。

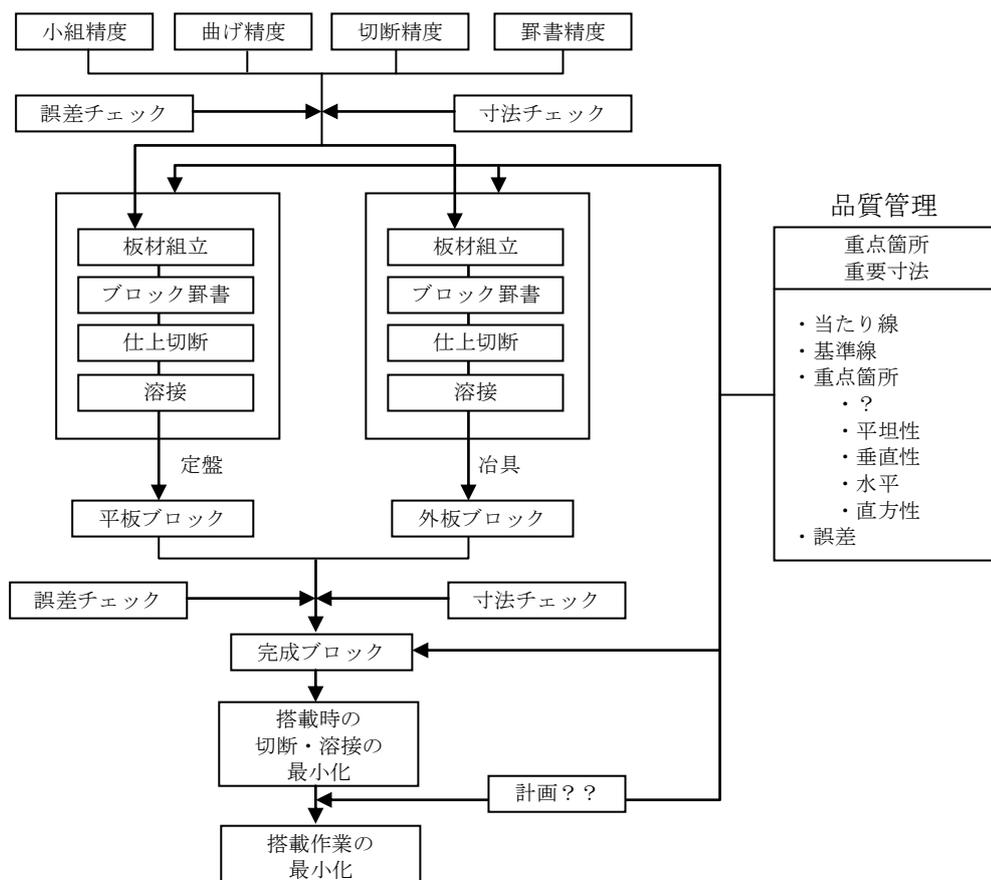



図２−２　IHI における品質管理のコンセプト

この設計プロセスを通して、板工場、船殻組立工場、艤装組立工場に配属されている生産管理エンジニアは、適当な生産情報と生産要求とを設計者に伝える。工作図と予定表は、施設と生産組織の能力を越さない様に、注意して作成される。造船所の設計部は、この活動においては、生産を補助する組織として考慮されており、建造プロセスを通して精度の高い素材の流通が可能となるように、生産工場によって要求された全ての設計・計画情報を提供する事を第一とされている。図２−３は設計組織と生産組織との間の関係図である。

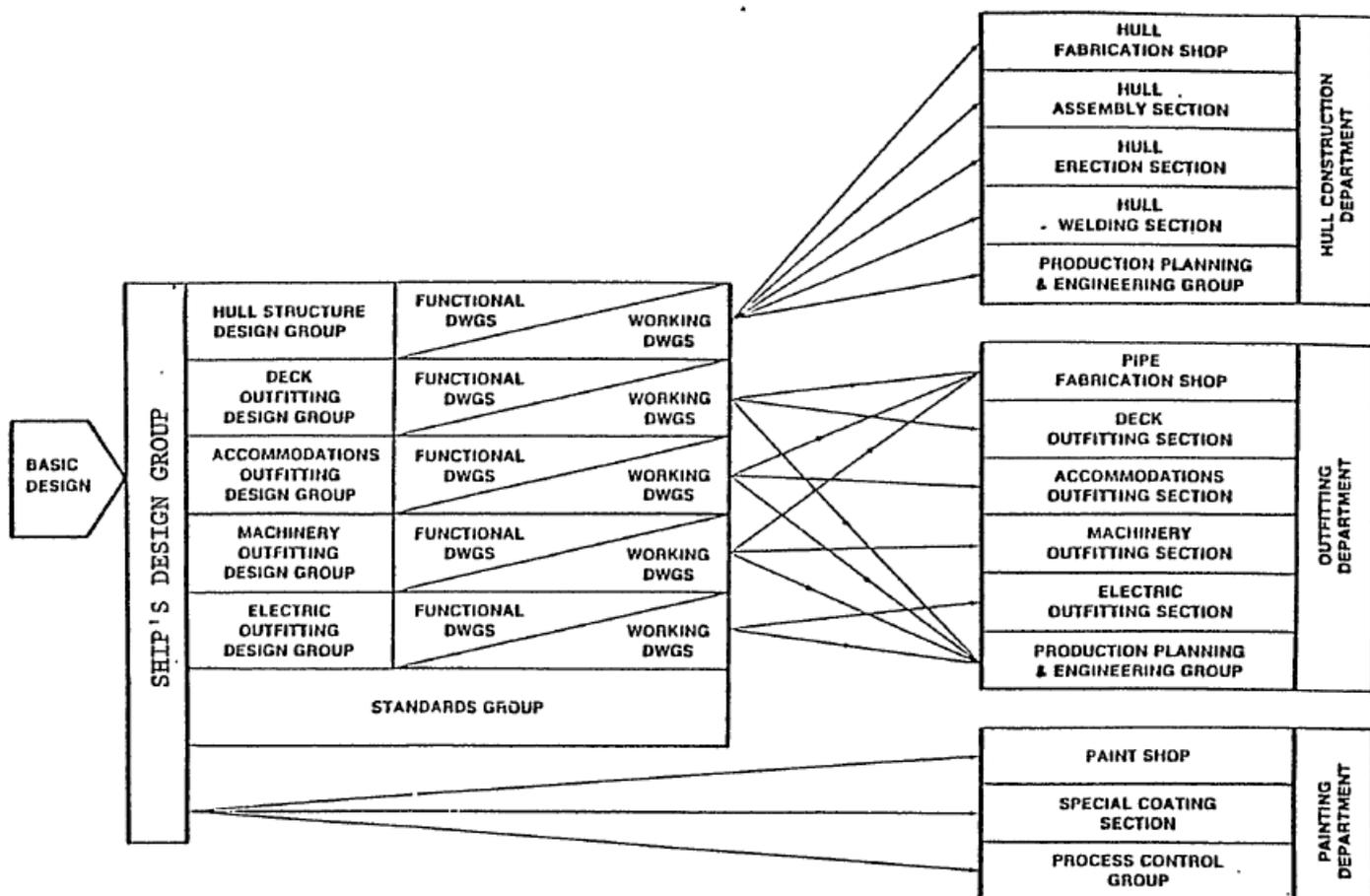



図２−３　設計組織と生産組織の関係図

２．２．２　調達

IHI の調達システムは、殆どの船で必要な多くの資機材をルーチン的に供給する、下請けファミリーとコンピューターによる供給データとに大きく依存した、完全で標準化されたプロセスとなっている。IHI の造船所における一般的な調達作業は、図 2－4 で示される通りである。

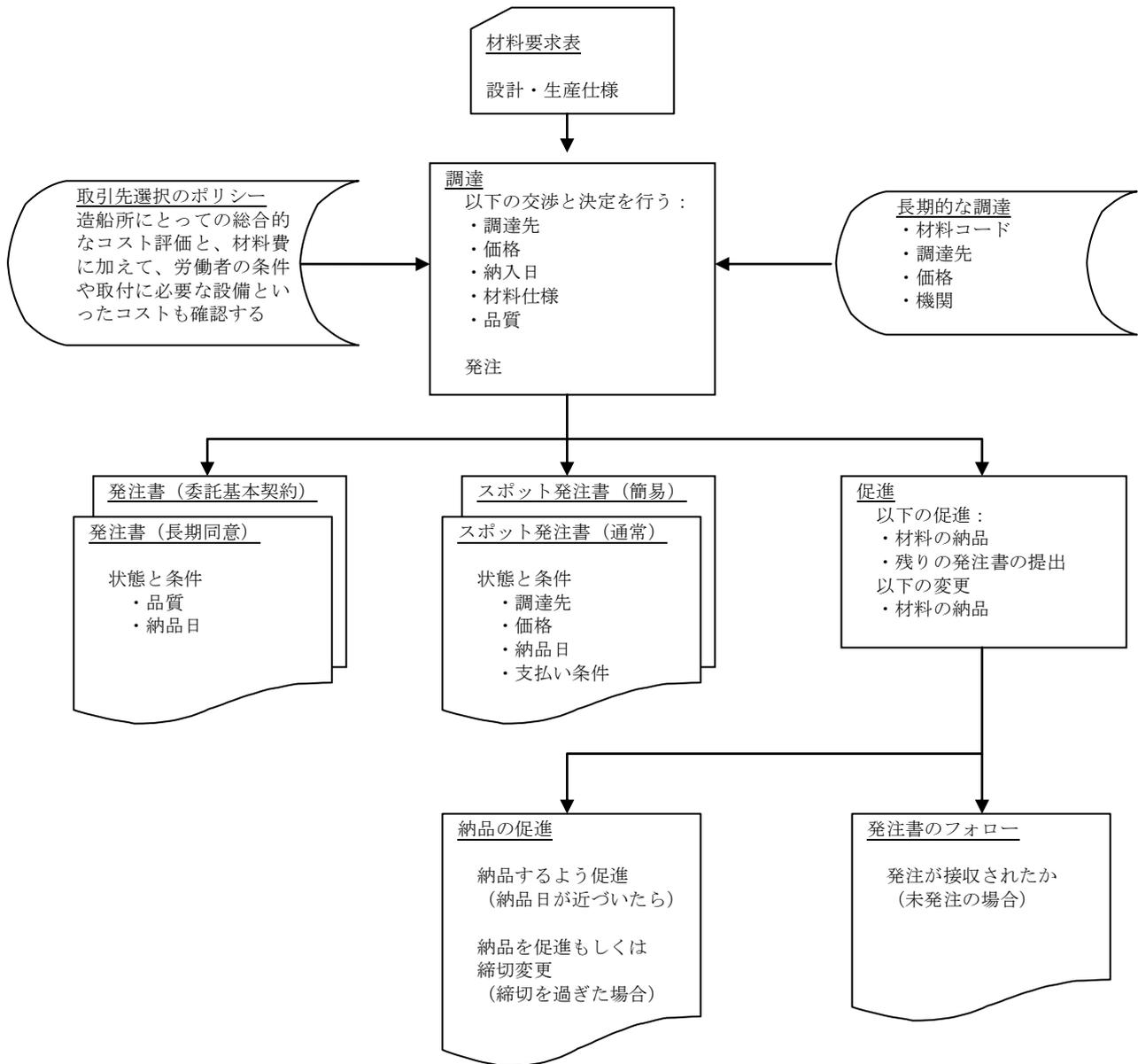



図 2－4　一般的な調達プロセス

造船所の設計部門で「機能」設計が行われている間に、調達に必要な情報が、系統別の資材表にまとめられる。この表は、調達先や納期、コストの決定に使用される。造船所と調達先との信頼ある関係と、調達用コンピューターデータベースにある膨大なデータとにより、調達計画の作成と発注作業とは素早く実行する事が可能となっている。

素材の供給量を少なく（鋼材は3日分単位で供給される）、そして正確な間隔で行うが可能なように、工場の予定を全ての調達資材に合わせている為、造船所では常に過剰備蓄が存在しないようになっている。艤装機器もまた、必要な日時になるべく近くなるように納品日を決定している。こうした資材の時間調整により、広大な置き場や倉庫の必要性を軽減し、そして建造を通して造船所でのスムーズで順序良い資材の動きを維持している。

造船所における調達は、IHIの経営本部で調整されており、また多くの調達品は経営本部の調達グループがまとめて行っている。こうすることにより、経済的な大量調達が実現できている。

２．２．３　製造（Manufactureing）

殆どの造船所と同様に、主要な生産活動は船殻と艤装とに分けられる。それぞれが別に組織立てられ、別々の工場を持っている。船殻は、全ての鋼材の切断加工、小組、大組、そしてブロックの搭載を受け持っている。船殻ブロックの組立作業の丁度良い時間に、艤装機器の取付や組立が終了するように、艤装は船殻作業と一致するように計画、組織立てられている。

船殻工場では、鋼材部品を加工し、そしてそれを組立ててゆく事で徐々に大きく複雑にしてゆき、完成したブロックを今度は船台上に搭載してゆくことで、船が出来上がる。IHIの船殻部門は、全ての部材が、「プロセスレーン（Process Lanes）」と呼ばれる資材の流通ルートを流れて処理されるように、システム化されている。プロセスレーンは、工場や組立場などの複数の異なる物理的空間を跨ぎつつ、「サブステージ」という作業の連続体として定義されている。こうしたサブステージは、「ステージ」と呼ばれるより大きなプロセス段階の一部を成している。図2－5は各種のプロセスレーン、サブステージ、ステージへと分けられた、生産組織を示している。

船殻における生産システムは、設備のある物理的空間を幾つかの、部品類の加工から始まり、小組、大組を経てブロックが完成するまでの、資材の流通するパスをベースとしている。例えば、加工工場において鋼材が取材、罫書、切断、曲げといった作業は、鋼材が平板として使用されるか、曲板として使用されるかによって、異なったプロセスレーンを流れている。部品や部材は、適当な小組場や大組場を経て、2種類に分けられるブロックへと組み上げられる。通常は、このように部材の加工や切断から小組、そして平面板材も

しくは曲面板材の大組へと流れている。完成したブロックは、ブロック置き場もしくはドック横の定盤へと運ばれる。約 30～60%のブロックが、起工前に完成している。

図 2－5　船殻工場における生産組織

もう一つの生産システムは艤装である。IHI では、船殻のブロック組立を行っている最中に、より多くの艤装を行えるように、計画・生産システムを開発している。この「先行艤装」により IHI の造船所は、この 20 年において着実な発展を遂げている。一般的に、行われる段階によって艤装はユニット艤装、ブロック艤装、船内艤装の 3 つに分けられる。ユニット艤装は、艤装品（パイプなど）を小組として組んでおき、それを船殻の組立で小組として取付を行うものである。ブロック艤装は、組立定盤で船殻の大組が終わった後に艤装を行うものである。船殻の組立作業中の適切な時間に艤装を行う事で、空間を最大限に活かすことができる。ブロック艤装は、平面ブロックの場合だとベース板の反対側の板が取り付けられる前に、曲面ブロックの場合だと、組立治具の上に載っている間に行われる。船内艤装は、船台上にブロックが搭載された後に行われる。図 2－6 は生産段階における艤装作業の流れを示したものである。

図２－６　艤装作業の流れ

このような先進的なユニット艤装は、アクセスのしやすさや、作業の容易な下向きでの取付と溶接、安全な作業環境、広い作業空間によって、艤装の生産性において非常に大きな利点を得る事が可能となる。適切なブロック割と現実的な計画とにより、生産サイクルの中の適切な時点で、こうした先行艤装に十分な時間を取る事ができるようになる。

建造プロセスを通して「大量生産」技術を用いる事で、生産性を極大にまで引き上げている。大量生産技術は、多くのアメリカの製造業でも常識になっているが、しかし造船業においては殆ど用いられていない。IHI は、かなりの範囲で、大量生産技術の導入に成功している。全ての作業が個別のステージに分割され、かつ分割されたステージでは正確なプロセスで構成され、適切な設備が作業の効率に合わせて配分され、作業員が一カ所に、作業の種類に応じて配員され、そしてそれぞれの場所で作業員によって作業が実行される。この目的は、１隻もしくは数隻の建造を通して、生産プロセスを通して資材の流れを時間当たりで最大にすることである。これにより、建造において、各作業場所で最大で安定した作業負荷を実現する事が可能となる。

このシステムのもう一つの基本的な目的は、時間を浪費し、高くつき、そして危険性の高いブロック搭載後での作業を最小化することである。それにより、コンポーネントや小組、ブロックの精度を各生産ステージで強化し、可能な限りの艤装を搭載開始前に行う事により、搭載後の船内艤装を最小限にするのである。

この高効率なシステムは、加工開始前に行われる計画に大きく依存している。この計画により、建造工程を通して、広範で管理された手法の下、設備と人員を総合的に活用する事が可能となる。

２．３　設備（Facilities）

IHI の設備は、世界で最も良いものの一つである。各造船所の設備に大きな違いがあるものの、各造船所にある固定設備の基本構成の違いは、造船所の規模、もしくはその他の製品の種類にのみ依存している。例えば、IHI の知多造船所は、超巨大タンカーを建造可能なように設計され、その工場やドック、クレーンの搭載能力は、呉や相生といった工場よりも相当に大きなものとなっている。

今回の議論を行う為に、IHI の相生工場をモデルとして用いるが、これはアメリカの中規模の典型的な造船所と幾つかの面において比較が容易だからである。

相生工場群は、日本の南西部にある相生市に位置し、相生造船所、ディーゼルエンジン工場、ボイラー工場、そして鋳物工場の 4 つの工場で構成されている。図 2－7 はこの工場群の施設配置を示している。

相生造船所は、工場群の中の中央部の狭い範囲にあり、鋼材置場、加工工場、そして幾つかの組立工場と艤装工場と定盤、管工場、ブロック塗装工場、そして 2 本の船台で構成されている。また修繕工場として、幾つかの工場や岸壁、ドックがある。

相生造船所は、工場群の 1,715,750sq.ft.の内の 6,832,965sq.ft.の面積を占めている。また約 49%の面積が、常設もしくは移動式の屋根で覆われている。

2 本の船台は新造船の為に使用されており、大きい方は 180,000DWT まで、小さい方は 164,000DWT までの船の建造が可能である。大きい方の船台には 2 基の 200T クレーンと 2 基の 70T クレーンが、また小さい方の船台には 2 基の 120T クレーンと 2 基の 80T クレーンがある。

造船所における資材の流れは、図 2－8 に示された通りである。図のように、鋼材は鋼材置場からショットブラスト、塗装を経て、NC 切断機もしくは EPM（Electro Photo Marking）罫書機から NC 切断機へと流れて行く。この作業は主加工工場内にある加工・小組区画で行われる。加工工場で処理された資材は、その後に平面ブロックと曲面ブロックのどちらで使用されるかによって、幾つかある「プロセスレーン」の一つへと仕分けされる。加工

された部材の小組は、4か所ある加工区画の終端部で行われる。小組されたものは、次に幾つかある組立工場へと送られ、他の小組部材と共にブロックへと組み上げられてゆく。ブロックの先行艤装は適切な場所で行われ、ユニットにまとめられた艤装品群もしくは個々の艤装品が取り付けられる。ブロックが完成すると、船台横の定盤もしくはブロック置場へと運ばれる。船橋（？dock house）ブロックは、他のブロックとは隔離された場所で組み立てられる。この「上部構造物」組立区画は、区画内だけで船橋ブロックの仕上げや艤装に必要な全ての物を賄えるようになっている。図には描かれていないが、管工場は艤装工場の更に北にある。パイプ構成物やパイプ小組は、艤装予定に従って、適当な艤装場所へ適当な時間に運ばれるようになっている。

1 Baseball Field
2 Swimming Pool
3 Land Boiler Works
4 Accommodation for Supervisors and crew.
5 Main Office
6 Fitting Workshop, Office
7 Workers' House
8 Superintendent's and Surveyor's Office
9 Shipyard Office
10 Unit Shop
11 No. 2 Assembly Shop
12 No. 3 Assembly Shop
13 No. 4 Assembly Shop
14 Special Painting Shop
15 No. 5 Assembly Shop
16 Steel Stockyard
17 Fabrication Shop
18 No. 6 Assembly Shop
19 Office for Hull Construction Workshop and Painting Workshop
20 Repair Center, Ship Repair Superintendent's Office
21 Diesel Engine Workshop
22 Diesel Engine & Marine Boiler Works Office
23 Diesel Engine & Marine Boiler Works Supervisor's Office
24 Office for Marine Boiler Works and Casting & Forging Works
25 Forging Workshop
26 No. 1 Casting Workshop
27 No. 2 Casting Workshop
28 Hinoura Power Station
29 Marine Boiler Workshop
30 Ship Machinery Repair Shop
A No. 1 Quay
B No. 2 Quay
C No. 3 Quay
D No. 4 Quay
E No. 1 Building Dock
F No. 3 Building Berth
G No. 7 Quay
H No. 8 Quay
J No. 1 Repair Dock
K No. 2 Repair Dock
L No. 9 Quay
M No. 10 Quay
N No. 11 Quay
P No. 12 Quay
R No. 3 Repair Dock

図2－7　相生造船所の施設配置

FIGURE 2-8

LAYOUT OF SHIPYARD AND STEEL FLOW ARRANGEMENT (AIOI)

2-19

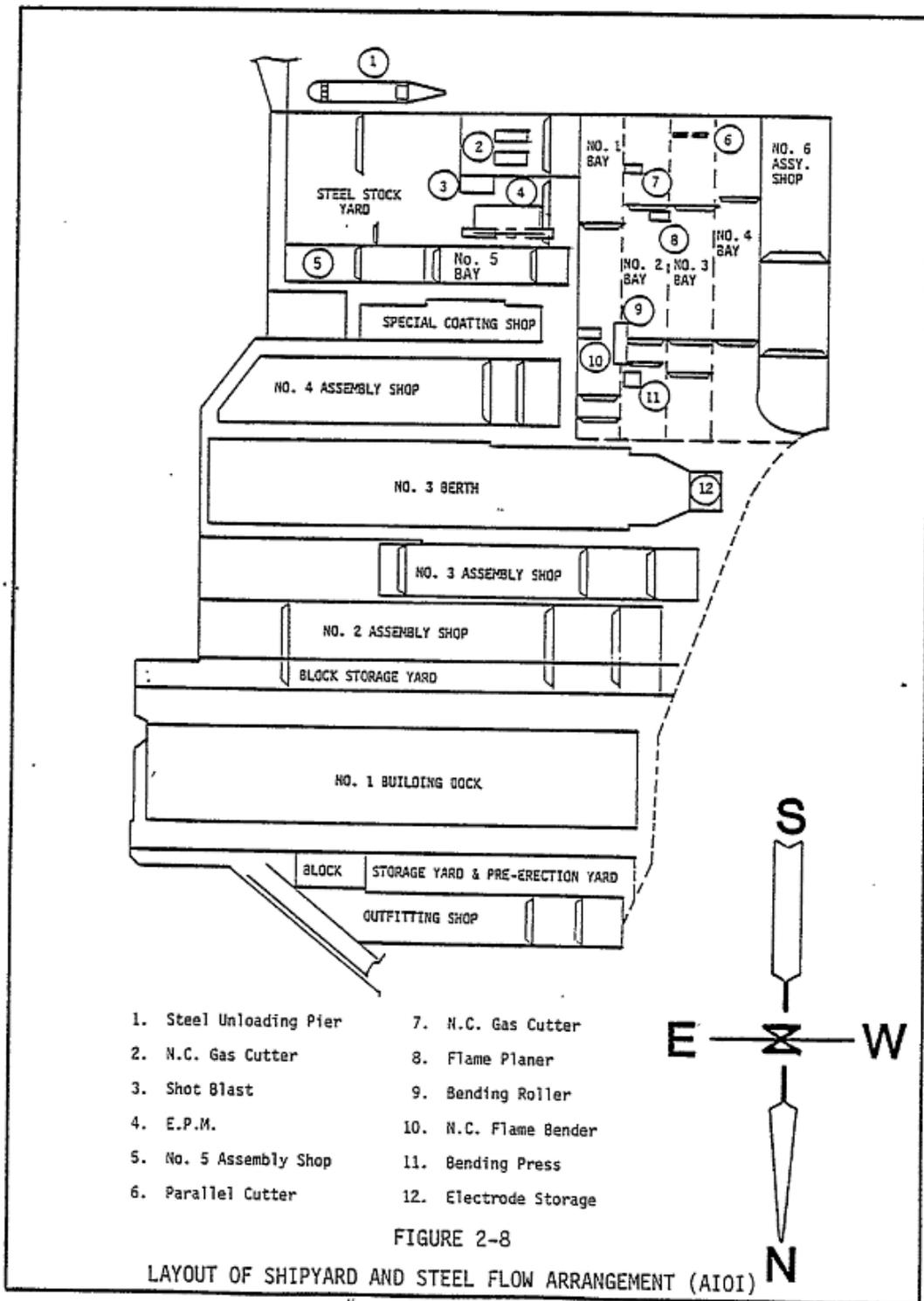



図２−８　鋼材流通配置

２．４　人、組織（Personnel）

IHI の造船所は、「地区」もしくは造船以外のエンジン製造なども含めた大きな複合体の一部である事が多い。しかし複合体にける造船所の位置はこの地区の中でも分離された組織となっており、報告書では General Superintendent になっている（？造船工場長とか？）IHI 内での各造船所の組織は、一般にどこも同じである。図 2－9 は典型的な造船所における組織図である。

造船／修繕　組織

図 2－9　造船所における典型的な組織構造

造船工場長（Shipyard General Superintendent）は、新造船と修繕船のためにせっけ部、船殻組立工場、艤装構造、鋼板工場、修繕工場の、5 つの主要部門を持つ（上図だと設計部門がボイラー工場になっている orz）。鋼板工場は、新造船の他に修繕船の作業も行う為、船殻組立工場から独立している。特に新造船における、造船所の主要な活動は、船殻組立工場と艤装工場である。

図 2－10 は新造船組立工場、図 2－11 は設計部の組織構造図である。

生産組織

図 2－10　新造船組立工場　組織構造図

造船所　設計

設計部長
第一設計部
基本設計　船殻設計　船体設計　居住区設計　機関設計
電気設計　特殊設計　修繕設計　電算グループ

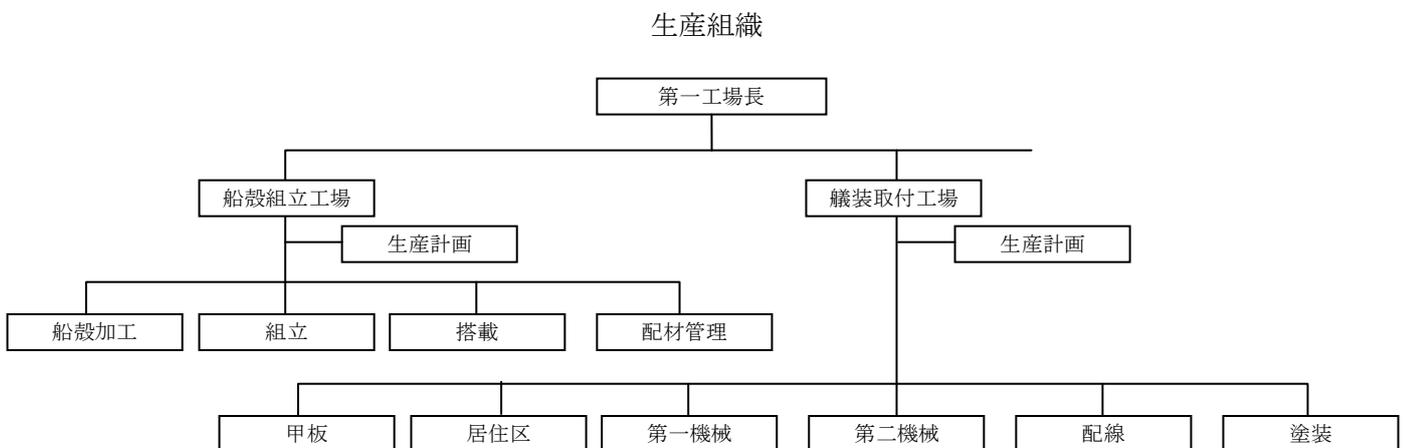
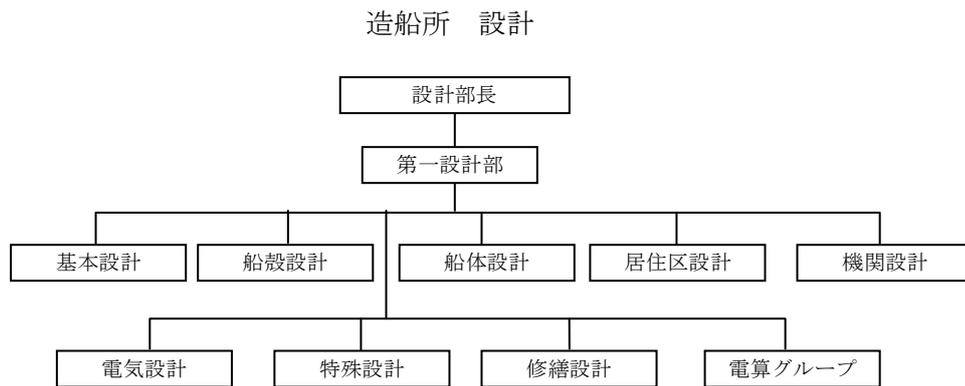



図２－11　設計部門　組織構造図

IHI の造船所組織を通して見られる指向は、直接生産に関係しない部署を、生産機能から明確に分離しているところである。また、生産機能は、それ自身だけで活動可能でありつつも、設計エンジニアと工場との間で親密な繋がりを持っている。こうした組織的指向は、Levingston 社の工業に関する最終報告書にも記述されている。

２．５　結論

IHI の造船所の生産システムは、施設、人員、そして生産システムから成り立っており、これらの要素を注意深く統合する事により、極端に高い生産性を発揮している。複合システムは、鋼材加工の前に完了させられる計画と予定とに大きく依存しており、そして船を建造する度に常に改善されている。

IHI の生産システムは、設計－計画－生産の流れを管理するルーチンが完成して既に何年も経過しており、どのような種類の船へも対応が可能となっている。このルーチンの造船所間での違いは少なく、この手法の基本的原理は、ほぼ同一である。

３． IHI の計画システム（The IHI Planning System）

３．１ 概要

IHI の計画システムは、基本的に船殻建造計画と艤装計画の 2 つの活動によって構成され、更に初期計画、詳細計画、作業指示計画の 3 つの段階に分かれている。その中では船殻建造計画が主導的であり、艤装計画は船殻ブロックの生産フローを基礎として行われるのが普通である。そこで、この章では、この 2 つの活動を別々に述べて行く事にする。

IHI の造船所で行われている計画活動を、予定作成活動から切り離して述べるのは、生産活動を通して資材の動きとプロセスとが一致するように作成される予定と、計画とが大きく関係している事から、難しい。予定作成活動についての言及がないままに計画活動について議論を行えば、計画サイクルにおける作業の流れと計画活動とに対する理解を低い物にしてしまう。そこでこの章では予定作成活動も合わせて述べる事にし、より詳細な事については、第 4 章で別途述べる事とする。

今回の報告書におけるこの章では、IHI で用いられている計画システムについて特に述べている。まずは準備として、IHI の色々な造船所で用いられている、計画時に用いられている変わった専門用語について説明する。また、後の方では Livingston 社での IHI 計画システムの適用について述べることにする。この Livingston 社のシステムでは、この章で説明されたものとは異なる専門用語を用いている。この両社の専門用語の違いから来る混乱を避ける様に努力はするが、両社の違いの理解を助けるためにも、報告書の最後に添付資料として両社での専門用語の一覧をまとめておく。また読者が IHI 計画システムで用いられている多くの計画書類に関係する情報を理解しやすいように、表 3-1 として造船建造プロセスにおける IHI での計画と適用とをまとめておく。

	機能		生産段階					
	船殻建造	艤装	加工	小組	大組	搭載	搭載後	進水後
船殻ブロック分割図	○	○			○	○		
ブロック組立計画	○	○			○			
組立仕様図	○		○	○	○			
組立治具計画	○				○			
ブロック仕上げ寸法	○				○	○		
マーキング図	○		○					
切断図（カッティングプラン）	○		○					
曲げ図	○		○					
ブロック部品表	○				○			
小組組立計画	○			○				
大組組立計画	○				○			
組立治具寸法表	○				○			
揚重作業指示図	○				○	○		
ブロック配置図	○					○		
ドッキングプラン	○					○		
システムブロック配置図？	○					○		
溶接作業指示図	○					○		
足場配置図	○					○		
区画分割図		○		○	○	○	○	○
系統別資材表		○		○	○	○	○	○
パイプ材料表		○		○	○	○	○	○
艤装品材料表		○		○	○	○	○	○
取付図		○		○	○	○	○	○
精度管理チェック表	○	○	○	○	○	○		
追加資材表	○		○	○	○	○		
装置図？（Field Plan）	○	○				○	○	○

表 3－1　生産用図面

３．２　船殻建造計画

船殻建造計画は、最上層の船体から部品、そして最下層の部品の加工定義に至るまで、ブレイクダウンと詳細化を行うという、規定された手法に従っている。この手法は「製品中心作業ブレイクダウン構造」（添付資料 B 参照）を基にしているが、実際に船全体から詳細部品に至るまでの定義は、これとは多少異なり、より実践的である。基本的に、ブレイクダウン作業は次の段階を経て行われている：

（１）ブロック分割（組立や運搬、搭載が可能なように、船全体をブロックへと分割する）

（２）組立分割（ブロックを、更に小組や部品へと分割して行く）

（３）加工方法や、小組、大組方法を明確にし、詳細部品の加工やブロックへの組み上げが可能なようにする

この手法は、アメリカでも良く知られており、大昔にエンジニアリング図面作成分野と組立ライン生産分野において開発されたシステムである。元来このシステムは第二次世界大戦中にアメリカの航空産業において開発、発展した伝統的な生産手法であるが、IHI のように造船所でこれを適用した例は稀である。

製品全体が継承された下位層の中間製品へと分解されると、その中間製品毎に別の計画活動が発生して行く。設備配置が確認され、加工・小組・大組・搭載といったプロセスが決定され、素材要求が決定、発注され、そして労働力や効率計測要求が作成される。図 3－1 は船殻建造計画から始まる、一連の計画活動の流れを示したものである。

新造船での建造計画の立案時期において行われる、個々の計画作業を説明する為に、初期計画、詳細計画、作業指示計画の 3 つの時期に置いて行われる立案作業を記述する事にする。

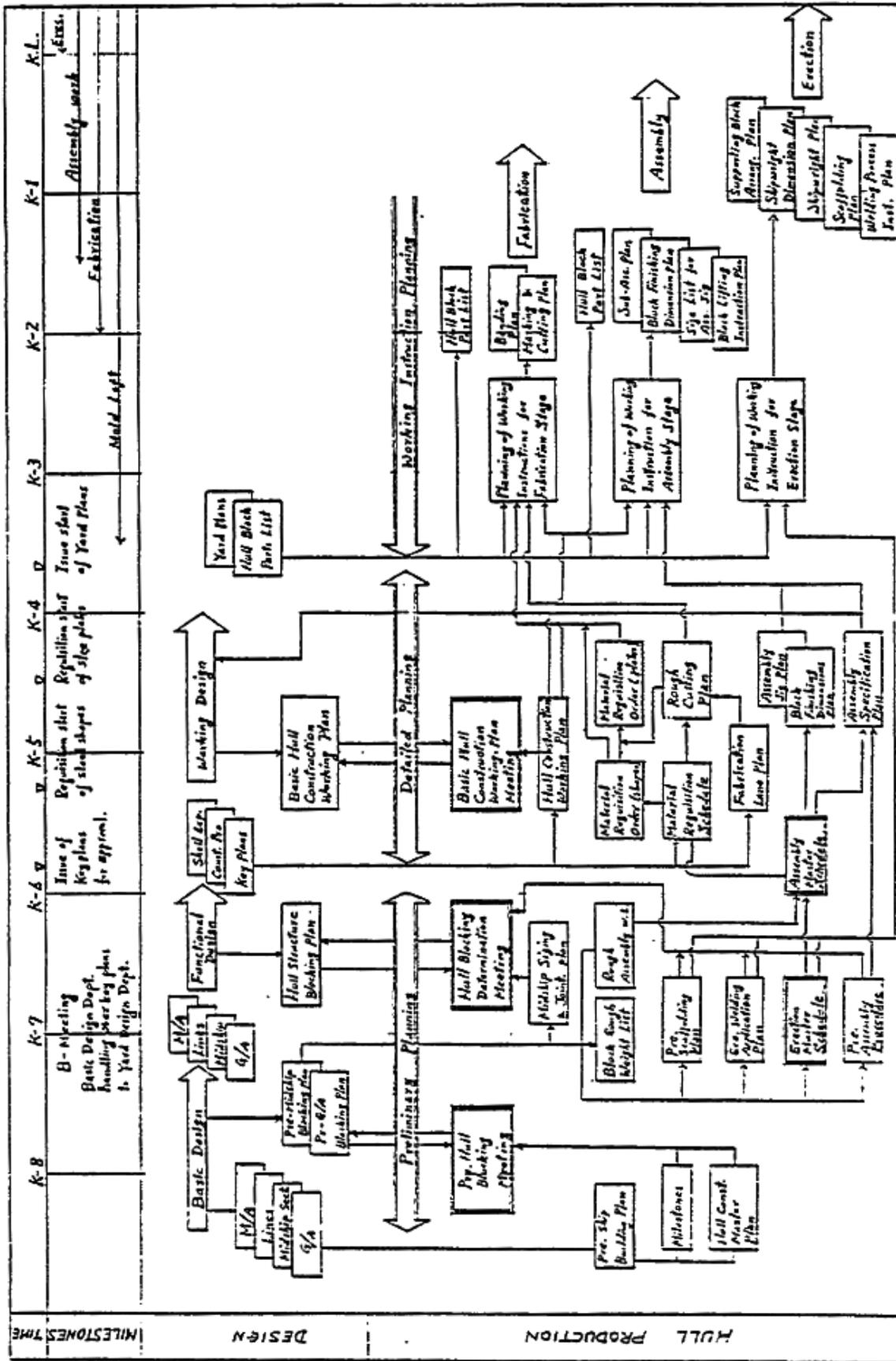



図３－１　主要節点と船殻建造計画

３．２．１　初期計画（Preliminary Planning）

船殻建造計画は、基本設計の完了と共に開始される（基本設計は、東京にある IHI の企画経営本部の設計部において行われる）。基本設計によってもたらされる図面は、フェアリング前の船体線図、船体中央断面図、建造要目、一般配置図、機器配置図である。こうした図面を基にして、造船所の設計部はブロック分割を行う。この作業は「船殻ブロック分割」と呼ばれており、組立と搭載とに適した取扱単位へと船を分解して行く。

この初期計画は、一般に船体中央部（カーゴホールドなど）から開始されるが、これは船体ブロックの大部分を占めると共に、同じ形状が繰返し出て来るためである。また、このカーゴホールドの船底ブロックは、曲がり板（船底）ブロックに関する要求を作成する起点となる。船首部と船尾部は独立して取り扱う必要があり、一般のブロックよりも十分な分析を経て、ブロックへと分割される。

船体中央断面図の底部から開始されるブロック定義は、以下のような基準に基づいて行われる：

（１）ドックへと最初に搭載されるブロックをどれにするか（このブロックは一般的に機関室のすぐ前の中央断面ブロックとなっている）

（２）クレーン能力

ブロックの大きさは、組立工場と搭載区画とで利用可能なクレーン能力内に制限される必要がある。

（３）組立定盤

ブロックの大きさは、更に組立定盤の広さと、反転を行う機器、運搬機器、クレーン等の組立定盤での設備とによって制限される。ただ、反転や運搬を行う際には、ブロック自身の変形の方が大きな要素となる事が多い。

（４）ワークフロー

ブロックの寸法は、生産全体で最も効率良く作業が流れるように最適化される必要がある。余りに大きなブロックは組立工程を長くしてしまい、これによりボトルネックが発生してしまう。

（５）搭載作業の軽減

ブロックの寸法と形状は、搭載が可能かつ容易で、また搭載後のブロック間の溶接作業も容易に行えるようにしなければならない。溶接線長さは、特に上向き等の難易度の高いものを最小にする。

（6）ブロック艤装

ブロック組立と艤装作業の予定を考慮可能なように、ブロック寸法を決定する。ブロックが大きくなりすぎるか、もしくは通常以上の艤装作業を要求すれば、予定が遅れ、組立定盤を浪費し、後工程の遅延の原因となる（また、後工程で使用される作業場の待ち時間増につながる）

以上のような基準の下で船は、建造作業での施設や機器、人員、予定に合った、取扱可能なブロックへと分割されてゆくのである。このような計画段階を踏む事で、組立や搭載段階での高度な生産性とを実現し、製品としてのブロックの高い精度を維持しているのである。図3－2は上記のプロセスでブロック分割を行った例を示したものである。添付資料Cはこのプロセスに関する情報を付加したものである。

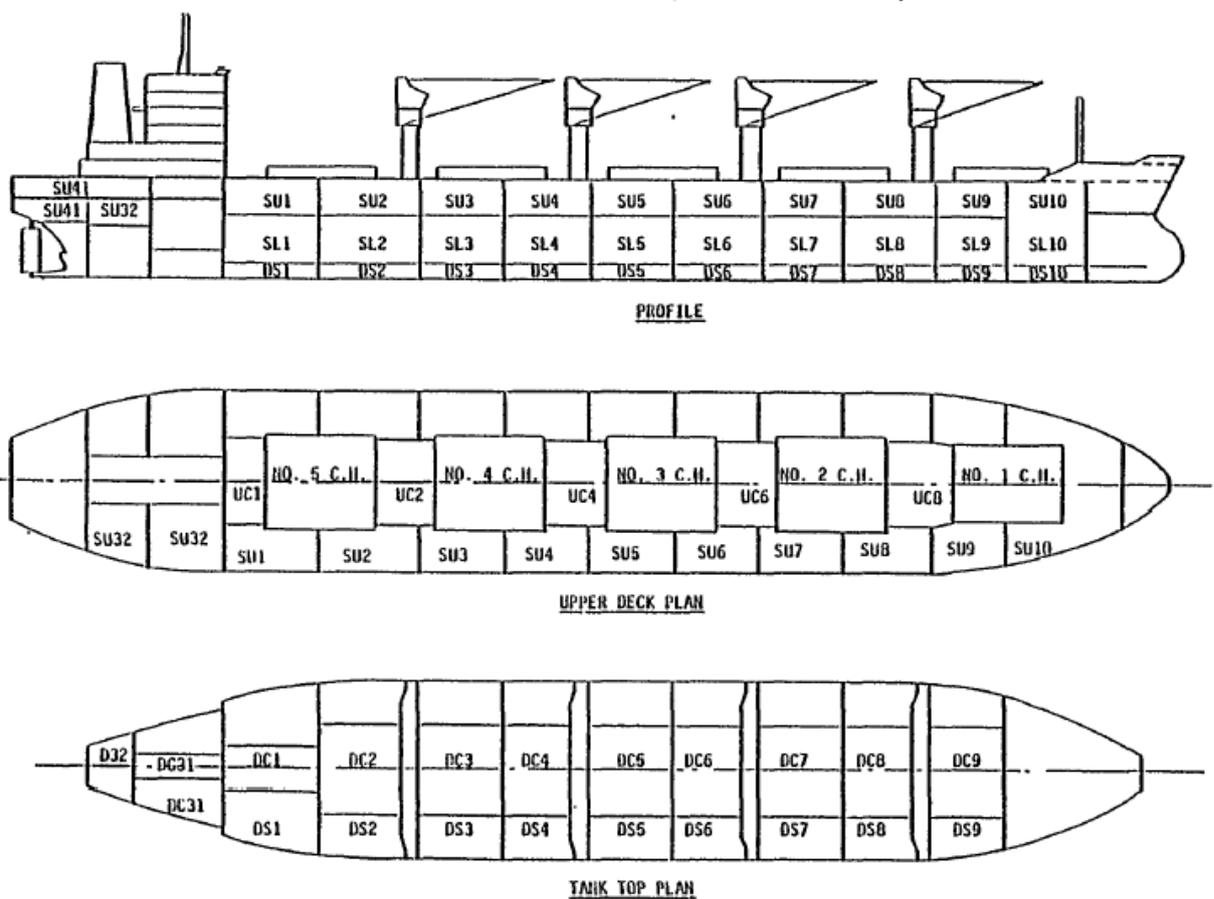



図3－2　ブロック分割図

３．２．１．１　ブロック組立図（Unit Assembly Planning）

ブロック分割が終わると、ブロックを分析しつつ、それを構成する小組ユニットへ、更にはその小組ユニットを部品へと分解して行く。全てのブロックをこのように分解する。図 3－3 は一般的なブロック分解の例である。

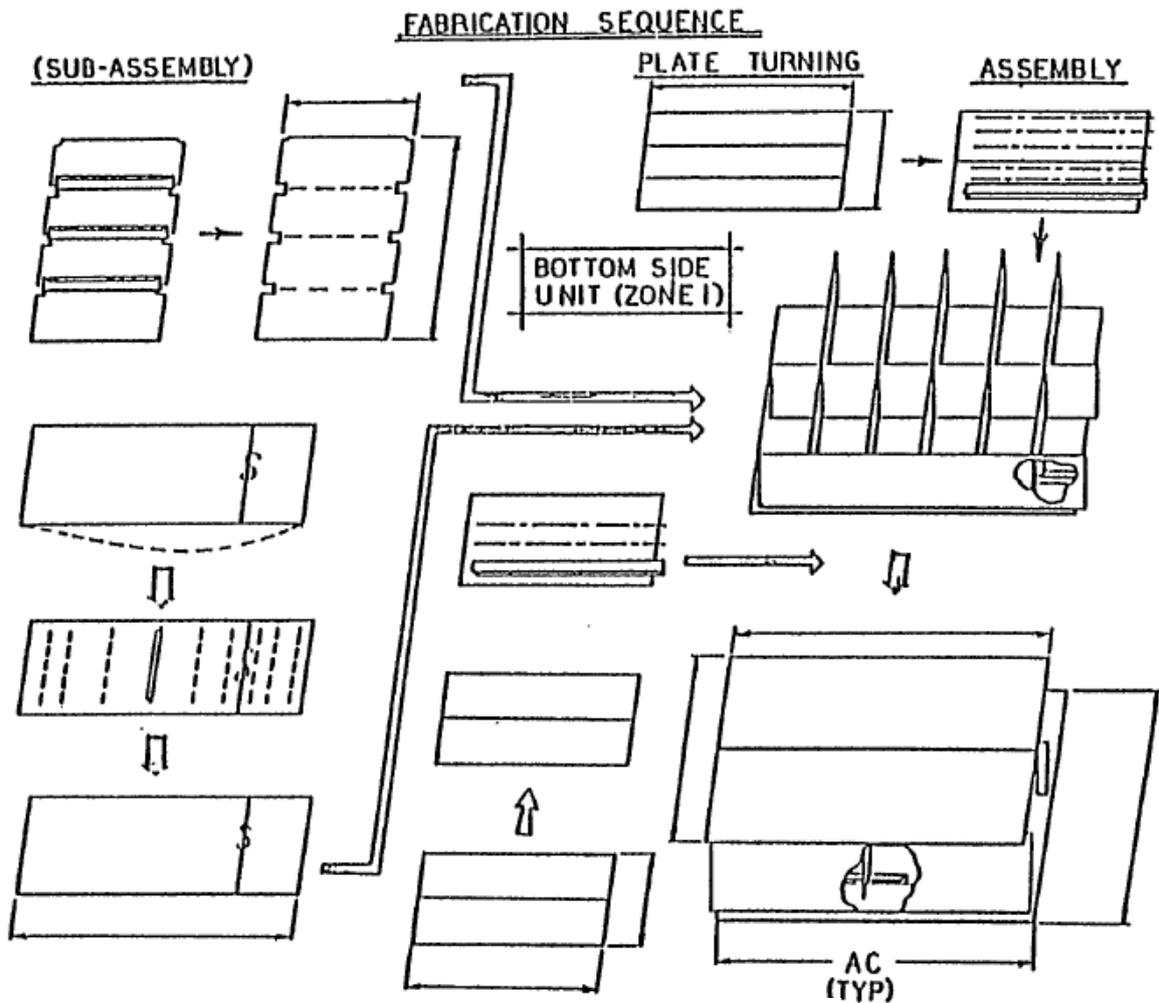



図 3－3　ブロック組立図の例

この分割作業は、基本的なブロックの組立作業を示す他に、幾つかの目的がある。この組立作業を事前に評価する事により、組立に必要な施設やプロセス、例えば必要な治具類、予想される溶接作業、必要な組立定盤面積や能力といったものの詳細を知る事が可能である。更に詳細を突き詰める事で、小組や大組の分類、基準線、溶接線長、開先処理、接合部の位置調節に必要な付加部品を求める事も可能である。参考資料 D は、この例である。

こうした一連の計画は、「組立仕様計画」や「作業指示図」としてまとめられ配布される「詳細プロセス計画」を作成する為の「初期の」情報である。

３．２．１．２　予定と計画（Schedules & Plans）

プロジェクト開始、加工開始、起工、進水、引き渡しと言った主要接点を示した大日程表（Master Key Event Schedule）は、契約が行われている間に作成される。この大日程表は、造船所が建造を完了するまでの情報も入れつつ、企画本部で作成される。この予定表を基礎として、初期工事大予定表（Milestone Schedule）と一般船殻建造計画表（General Hull Construction）が作成される。この大まかな情報は、船殻ブロック計画の定型として考慮される。

そして初期船殻ブロック分割図の妥当性を検証し決定を行う会議のために、概算ブロック重量表、ブロック組立図、足場配置図、自動溶接適用図、船体中央部計測・接合図？（Midship sizing and joining plan）、そして搭載計画が作成される。そして計画の了承を得た後、詳細計画が開始される。

３．２．２　詳細計画図（Detailed Planning）

初期計画が進められると同時に、船殻ブロック分割図を確定する為に必要な追加要素が、企画本部の設計部で作成された基本設計に織り込まれ、調整される。この基本設計を基に機能設計が行われ、船殻ブロック分割図の承認の後に、作業設計（Working Design）が開始される。

詳細計画を開始した際に、搭載大日程(Erection Master Schedule）を基にして船殻工事大予定表（Assembly Master Schedule）が作成される。そしてこの船殻工事大予定表を基にして、資材要求計画と資材要求が作成される。船殻ブロック分割図で認識された組立ブロックを設計部門が定義する事で、詳細な船殻建造作業計画（図）もまた作成される。船殻ブロック分割図の評価で行われていたように、同様な会議において船殻建造作業計画の評価と承認とが行われる。

この作業計画と資材調達計画、加工レーン計画（Fabrication Lane Plan）を基にして、取材用カッティングプラン（Rough Cutting Plan）が作成される。これは資材調達の作成の際に、鋼材のサイズや板厚、総量の最小化に役立っている。この取材用カッティングプランを作成する目的には：

・残材やスクラップの再利用と管理の改善
・各月の鋼材発注量の決定
・工場での（正式な）カッティングプランの作成の為の補助

といったものがある。そして資材調達は、この取材用カッティングプランの情報を基に行

われる。

３．２．２．１　組立仕様計画図（Assembly Specification Plans）

「初期プロセス計画作業（preliminary process planning）」を行っている際に得られる情報を基にして、正式な組立仕様計画が作成される。この計画図は、加工や組立、搭載時に行われるべき作業、手法を明確にする。この計画図の作成は、設計部のエンジニアと各工場の品質管理エンジニアによって行われる。

組立仕様計画は、船首部・船尾部のブロックと、典型的な船体中央部（カーゴホールド）で（別々に？）作成される。組立作業の流れを評価する事で、どちらの組立プロセスレーン（曲面ブロック用もしくは平面ブロック用）にするかが決定される。この評価作業では、最短時間で、且つ労働力や施設、設備を最大限に利用して、収集、組立を行えるように、部品や小組ユニットを流す事ができるか、というプロセスについての十分な分析も行われる。図３－４は、この段階における組立仕様計画の例である。

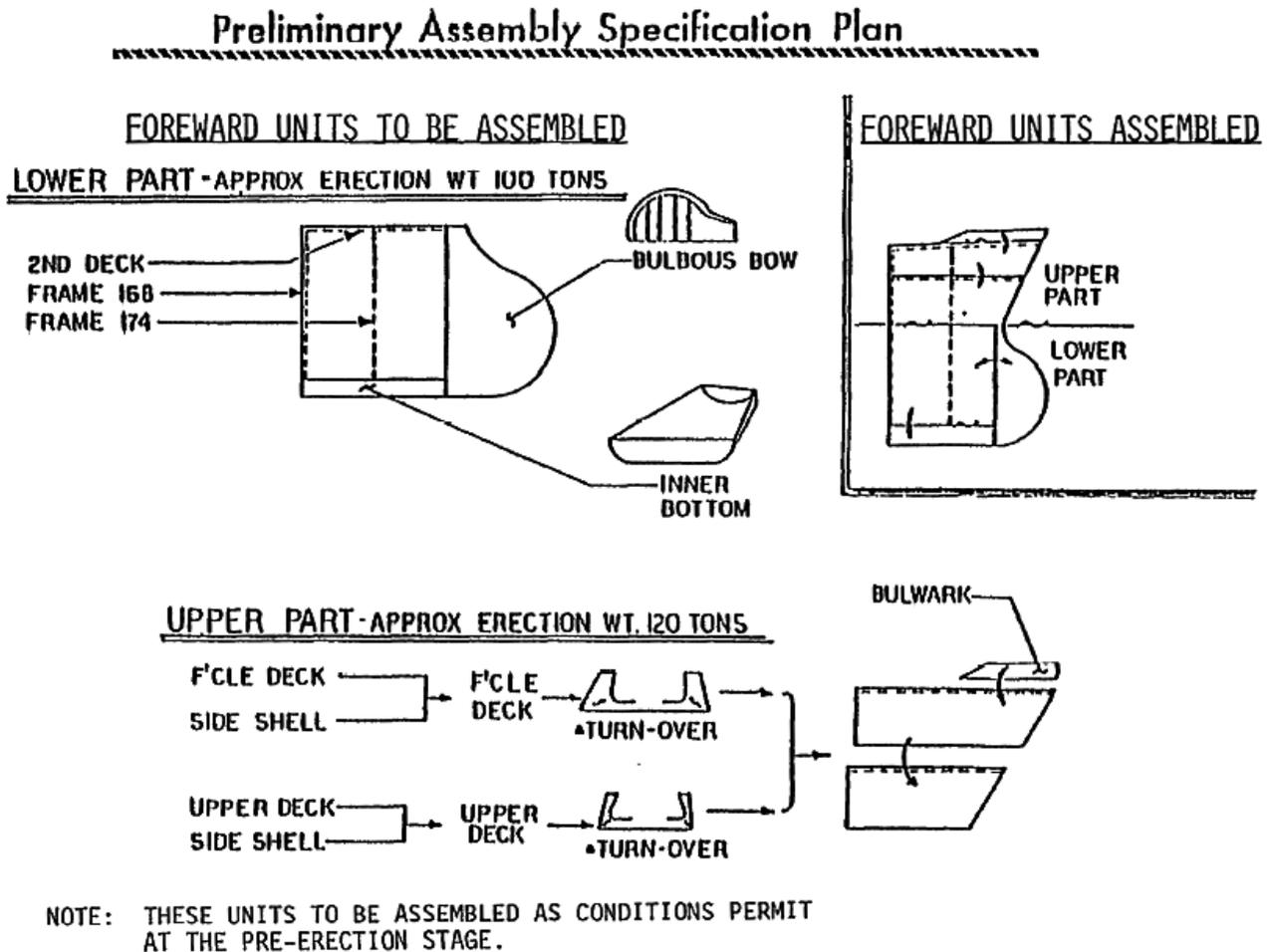



図３－４　組立仕様計画図の例

組立仕様計画図の情報を基にして、各工場で下位層の計画図が作成される。この計画図は工場作業者が用いるべきである、より正確な組立手法を提供する。

詳細化された計画図によって、特に組立定盤と用いる手法・プロセス（例えば治具を設置する、板を溶接する、罫書きを行う、組立の流れ、各組立段階での精度計測箇所、ブロック艤装、塗装要求、効率管理パラメータ（時間当たりの溶接線長など）、ブロック当たりの必要労働力の予想など）を明確にする。

こうした詳細化計画図から、作業指示計画図に含まれている更に下位層の詳細情報を作成して行く。図３－５は詳細組立仕様計画図の例である。

図３－５ 詳細組立仕様計画図の例

３．２．２．２　その他の計画図（Other Plans）

組立仕様計画図の他に、組立冶具表とブロック仕上寸法図とが作成される。この図面は、設計エンジニアに追加の詳細を提供し、ブロック組立用に作成される工作図（Working Drawing）に含められる。これらの計画図は、現図担当者が曲がりブロックで用いられるピン冶具設定表をを作成する際や、品質管理担当者が各種ブロック毎の仕上げ寸法要求値の評価を行う際にも使用される。

３．２．３　作業指示図（Working Instruction Planning）

この最終的な計画段階では、設計部門は詳細工作図を完成させ、各工場へ配布する。また、生産と搭載における全ての方向性を完全に定義する為に、詳細作業指示図（Working Instruction Plans）が作成される。これらの計画図をもって、船殻鋼材加工が開始される。以上のような計画図作成作業は、船の建造予定全体の内の 6～8 カ月をかけている。しかしこの一連の計画作業により、建造に必要な時間と共に、生産にかかるコストが大幅に短縮される。

計画作業の最終段階で、機能設計図や詳細設計図、詳細組立仕様計画図、各ブロック毎に基本計画図から抽出されるその他のデータなどから、作業指示計画図が作成される。マーキング指示図（Marking Instruction Plan）は、各ブロックの加工や組立、搭載の為の作業レベルの詳細データを提供する。こうした計画図は、設計レベルの情報を、工場作業で必要となる作業レベルの詳細なものへと進化させる。

加工用として、マーキングプラン、カッティングプラン、ベンディングプラン（Bending Plan）の 3 つの作業指示図（マーキングプランとカッティングプランは 1 つにまとめられる事が多い）が、ブロック毎に作成される。

組立用としては、以下の 6 つの図面がブロック毎に作成される：

・部品表（Part List）
・仕上寸法図（Finishing Dimension Plan）
・小組計画図（Sub-assembly Plans）
・大組計画図（Assembly Plans）
・揚重指示図（Lifting Plans）

揚重用の作業指示図には以下の物が含まれる：

・吊ピース配置図（Arrangement Plan）
・盤木配置図（Shipwright Dimensions Plan）
・ブロック盤木・支柱配置図（Support Block Arrangement）

・溶接指示図（Weding Instruction Plan）
・足場配置図（Scaffolding Arragement Plan）

こうした図面は、各生産段階における、各ブロックの適切な製造と取扱に必要な情報を全て提供してくれる。こうした図面が意図した目的には、以下の３つが挙げられる：
（１）プロセスレーンや各生産段階を通して作業が進行して行く中で、全体の労働負担と製品とを効率的に管理すること
（２）生産プロセスを流れる膨大な数の部品や素材を効率良く管理すること
（３）加工、組立、搭載に関係する全てのレベルにある作業者に対して、明確な指示を伝えること

３．２．３．１　加工（Fabrication）の為の作業指示図

加工プロセス用に、マーキングプラン、カッティングプラン、ベンディングプランの３つの図面が作成される。図３−６はこれらの図面の作成作業を示している。

図３−６　加工用作業指示図の作成

寸法図

寸法図はカッティングプランと共に作成される。この図面は条材、フェイスプレート、ロンジの寸法を、各素材、ブロック、プロセスレーンの単位で明示したものである。これらの図面は、関係するブロックの数に関係なく、新規材もしくは残材を切断して部品とする為に必要な情報を提供している。図 3－9 から 3－11 は、こうした図面の例である。

SHIP NO. 2609　BLOCK SU31　SCANTLING 100 ×9.0　FAB. SHOP

FLAT BAR

PAGE

DATE 77. 3. 18

NO.	PART	CODE	P	C	S			NOTE
1	-1-F1		1		1	S 487 (122)	(OT)	
2	-1-F4	P(S)	1		1	S 726	(UP)	
3	-1-F5		1		1	S 1,003 (11)	(OT)	
4	-1-F6	S(P)	1		1	S 687 (10)	(OT)	
5	-1-F7		1		1	S 486 (14)	(OT)	
6	-MS2-F1		1			S S	(UP)	

(SHOWN)

SHIP NO. 2609　BLOCK SU31　SCANTLING 150 12.0　FAB. SHOP

FACE PLATE

PAGE

NO	PART CODE		P	C	S	SHOWN	SCANTLING	M. LENGTH HEIGHT	C. OF G	NOTE
1	CODE	-1-T1A	1		1		150 x 12.0	3507 49.0	1754	DH N+3
2	CODE	-4-T1A	1				150 x 12			
3	CODE									

図 3－9、10　条材の寸法図の例

SHIP NO.　BLOCK　FAB. SHOP　**ANGLE**

SU31　DATE 77.2.19　PAGE

NO.	PART	CODE	P	C	S	SHOWN	SCANTLING	WEIGHT	C. OF G
1	-L-AL1	(S)			1		200 x 90 x 9 /14	86.0	

NOTE

S2　S2
OR2
35R　(FW)
1867　3742

NO.	PART	CODE	P	C	S	SHOWN	SCANTLING	WEIGHT	C. OF G
2	-L-AL2	S			3		200 x 90 x 9 /14	86.0	NOTE

S2　S2
35R　(FW)
3742

NO.	PART	CODE	P	C	S	SHOWN	SCANTLING	WEIGHT	C. OF G
3									

NOTE

図３－11　型鋼の寸法図の例

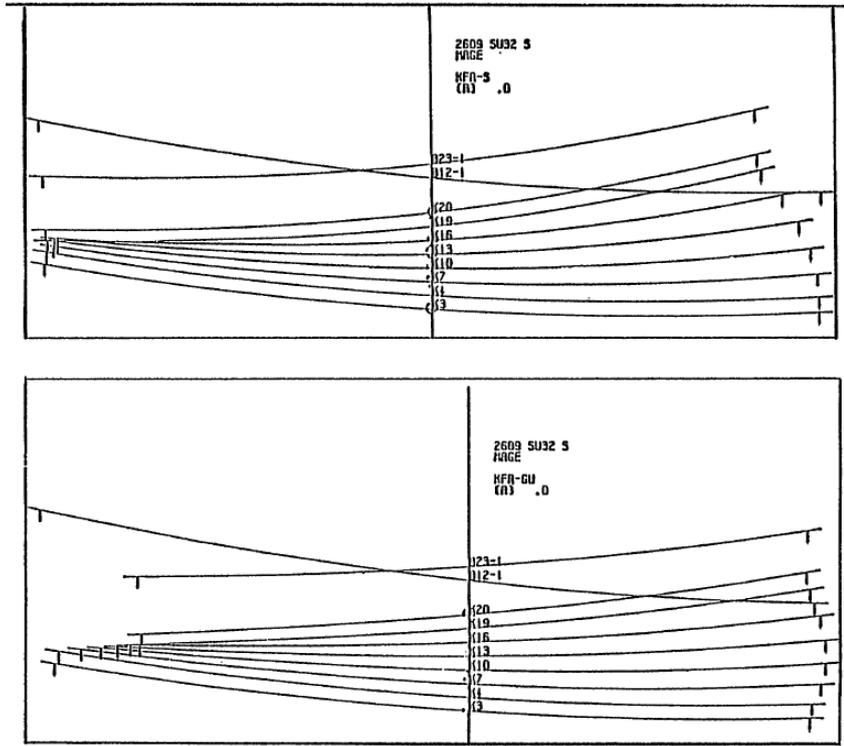
３．２．３．１．２　ベンディングプラン（Bending Plans）

ベンディングプランは、鋼板と型鋼（Shapes）のどちらもが作成される。

板曲げを行う為の 10 分の 1 の縮尺の図面が、コンピューター作図システム（SHELL、外板展開とロンジ配置システム）によって作成される。実際の板曲げには、曲げ板治具が使用される。

図３－12 は自動作画機によって作成された 10 分の 1 縮尺の図面である。現図作業者はこの縮尺図を実寸まで拡大し、型の罫書きに必要な寸法をこの実寸図面上に書き込んで行く。図３－13 は鋼板用のベンディングプランの寸法図である。

型鋼用のベンディングプランには、型鋼のウェブ面に曲げ作業の基準線としての曲線が描かれている。型鋼の曲げ作業は、この型鋼に描かれた曲線が直線になるように行われる。図３－14 は型鋼用のベンディングプランである。

図 3－12
鋼板用の曲げ型図

NAME	T.DO	M.H. (GU)	L.G.	U.G.	NAME	T.DO	M.H. (S)	L.G.	U.G.
2-1	76.1	854	1644.3	1308.0	812-1	76.2	1022	1504.9	1471.9
	88.4	839	1578.3	1289.8	X3	90.0	992	1478.8	1461.4
	89.4	846	1561.9	1296.5	X4	90.1	991	1470.0	1462.4
	89.9	879	1472.1	1329.6	X7	91.1	970	1440.3	1456.8
0	89.5	897	1394.2	1347.0	X10	92.1	922	1422.8	1432.5
3	90.1	898	1329.0	1347.7	X13	93.4	843	1419.6	1391.5
6	90.8	883	1280.4	1331.4	X16	94.9	729	1431.4	1334.3
9	91.6	849	1245.6	1297.6	X19	96.1	577	1459.5	1260.3
0	91.8	837	1239.2	1286.0	X20	96.6	548	1465.8	1246.4
3-1	70.5	851	1253.0	1296.5	823-1	82.9	546	1474.9	1237.8

BLOCK = SU32 S　　P. NAME = GU　　SEQ. NO. = 3
BLOCK = SU32 S　　P. NAME = S　　SEQ. NO. = 4

NOTE: T.DO ......Slant
M.H. ......Sight Height
L.G. ......Lower Girth
U.G. ......Upper Girth

図 3－13　ベンディングプランの寸法図

ANGLE CURVED

BLOCK SU31　　FAB. SHOP

TOTAL HEIGHT 700.0　　TOTAL LENGTH 30989.4

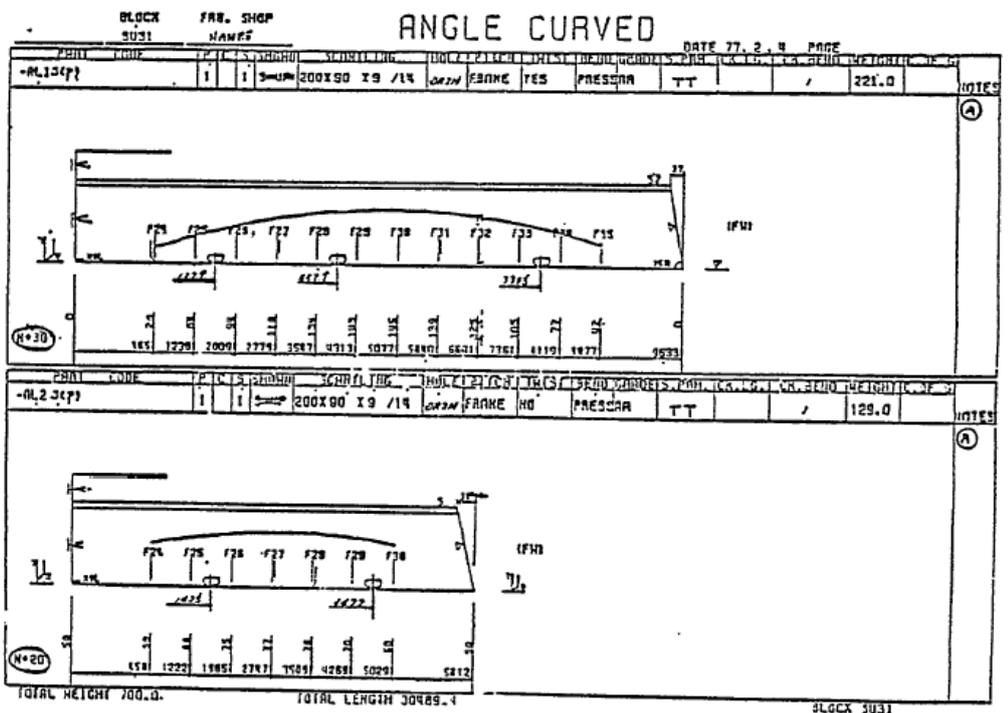



図 3－14
型鋼用の
ベンディングプラン

３．２．３．２　小組（Sub assembly）と大組（Assembly）の為の作業指示図

小組と大組の為の作業指示図には、以下のようなものがある：

- 部品表（Parts List）
- 揚重指示図（Lifting Plans）
- 小組計画図（Sub-assembly Plans）
- 大組計画図（Assembly Plans）
- 仕上寸法図（Finishing Dimension Plan）
- 大組冶具寸法表（Size Lists for Assembly Jig）

３．２．３．２．１　ブロック部品表

部品表は、ブロック毎、生産段階毎（小組、大組、搭載）にそれぞれ作成される。部品表は、各作業段階の作業者が、その段階で取付を行う全ての部材を漏れなく収集できるようにする。図３－15と図３－16は部品表の例である。

BIBLIOGRAPHY
DATE
ALT.
HOLD
C. P
A. P
W T
KEY.P
TOTAL
SKIN
B.UP
BLOCK WEIGHT (UNIT. TON)
TOTAL
SKIN
B.UP
LONGE
SLAB
MANAGER
CHIEF
CHECKED BY
DRAWN BY
DATE DRAWN
DATE ISSUED
S No.
BLOCK PARTS LIST
- BLOCK NO.
CLASS
ITEM
SCALE
DWG. NO.
Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., LTD. SHIPBUILDING DIVISION
SHIPS DESIGN DEPT.

BLOCK PARTS LIST
I - SIZE LIST
C - COMPUTER OUTPUT
STAGE
PART & PIECE NO.
SIZE
L
W
T
PART WT
Q'TY
P
C
S
ALT.
PAGE
STAGE
LIST

図３－15、16　部品表の例

３．２．３．２．２　揚重指示図

揚重指示図はブロック毎に作成される。この図面には、吊ピースの位置や、揚重時に必要な補強材の取付位置、搭載後の接合に必要なピースの位置、揚重機器にかかる荷重値、ブロック総重量、そして揚重状態での安全級数が書かれている。

この図面は、移動から反転、搭載に至るまでのブロックの全ての動きを考慮し、注意深く作成される。図 3−17 はブロック毎の図面作成フローを、図 3−18 は有る種類のブロックでの揚重指示図の例を示している。

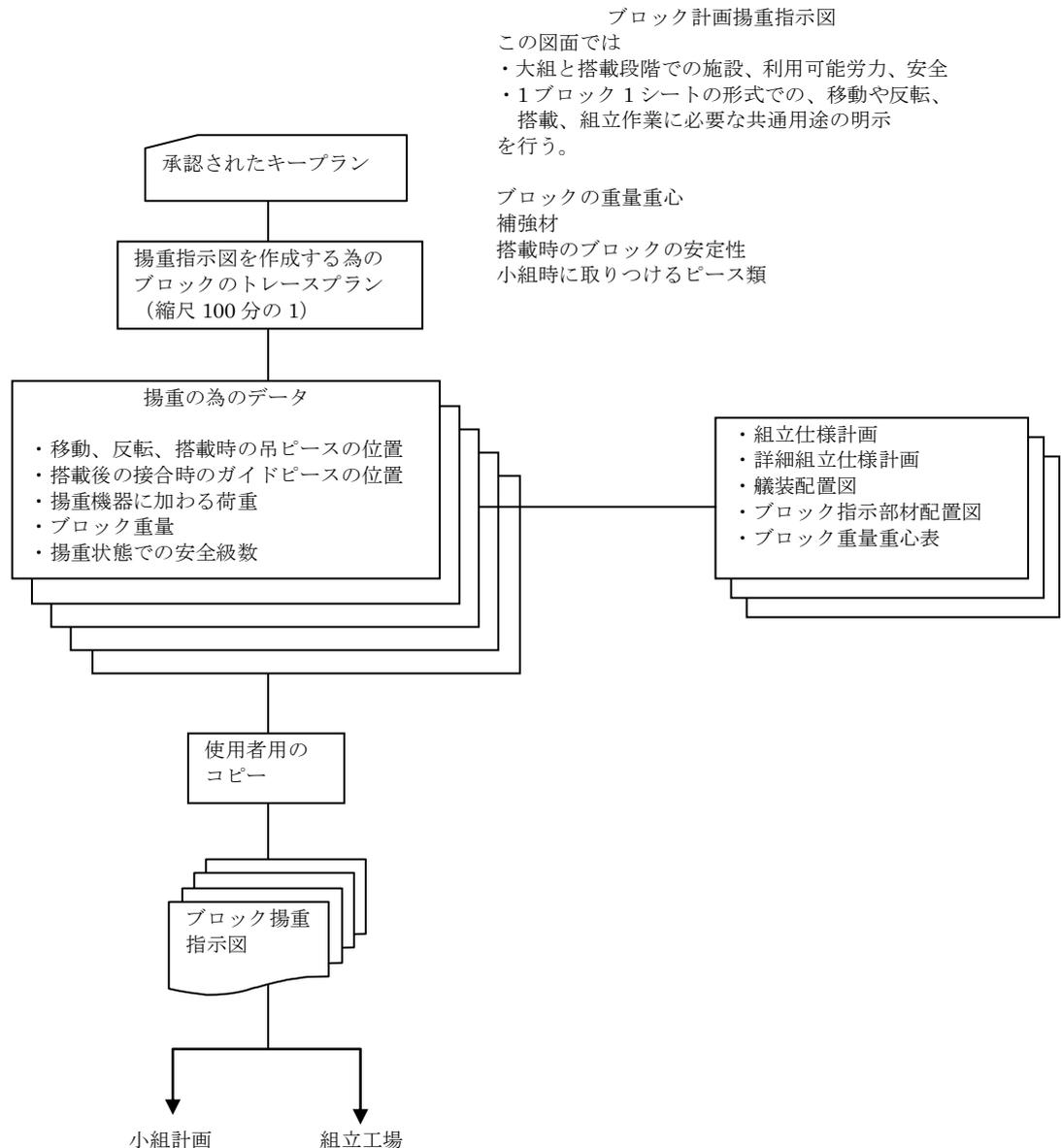



図 3−17　揚重指示図の作成フロー

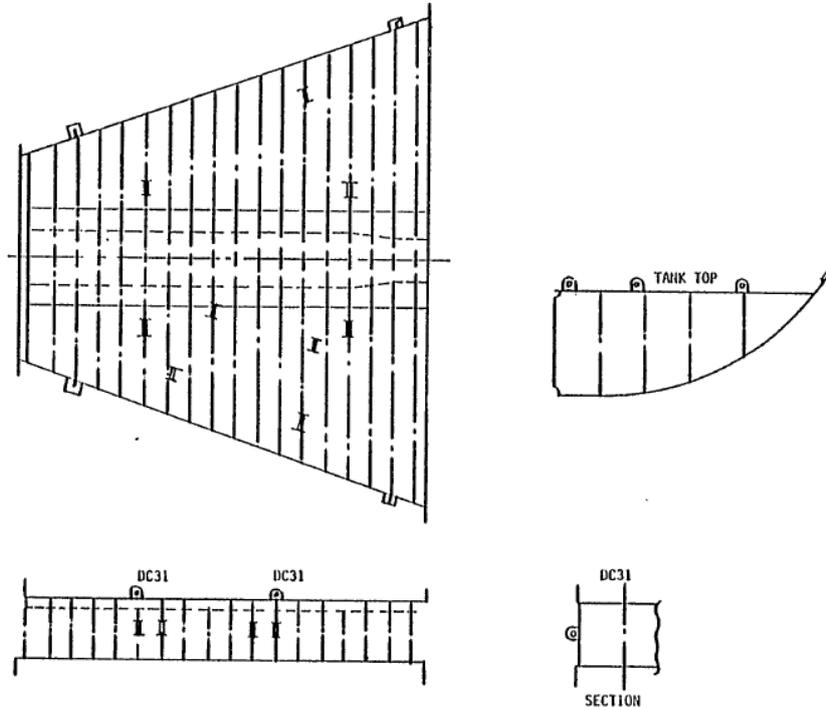



図３－18　揚重指示図の例

３．２．３．２．３　小組計画図（Working Instruction Plan for Sub-assembly）

ブロック毎に作成される小組計画図によって、小組ユニットが組み上がり、また組み上がった小組ユニットが更に組み合され、最終的にはブロックへと生成して行く詳細が示される。この図面は、各小組ユニットでの、必要な位置調整、溶接、仕上げ要求項目、艤装要求項目が記載されている。図３－19 は小組計画図の作成フローを、図３－20 と図３－21 は、小組計画図によって伝達される指示の例である。

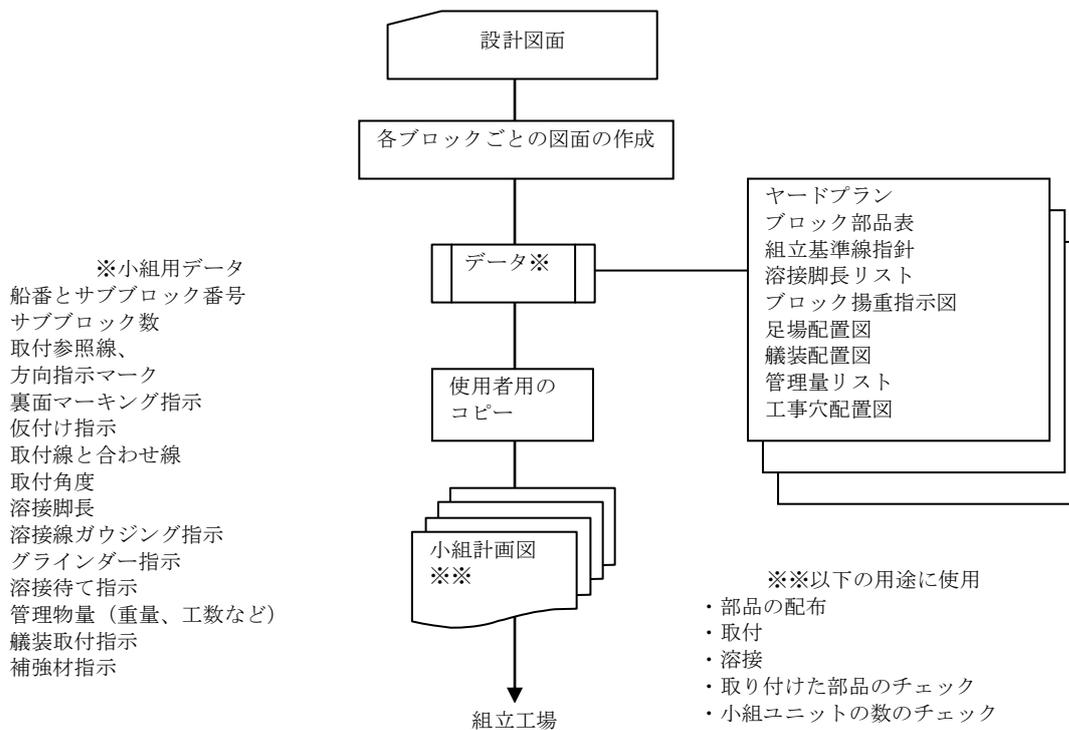



図３－19　小組計画図の作成フロー

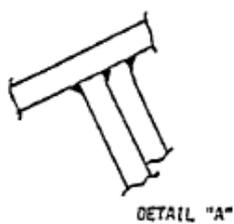
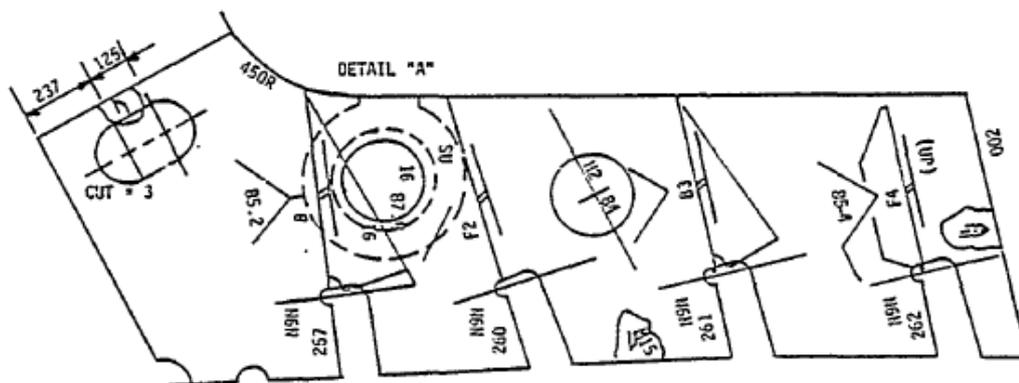
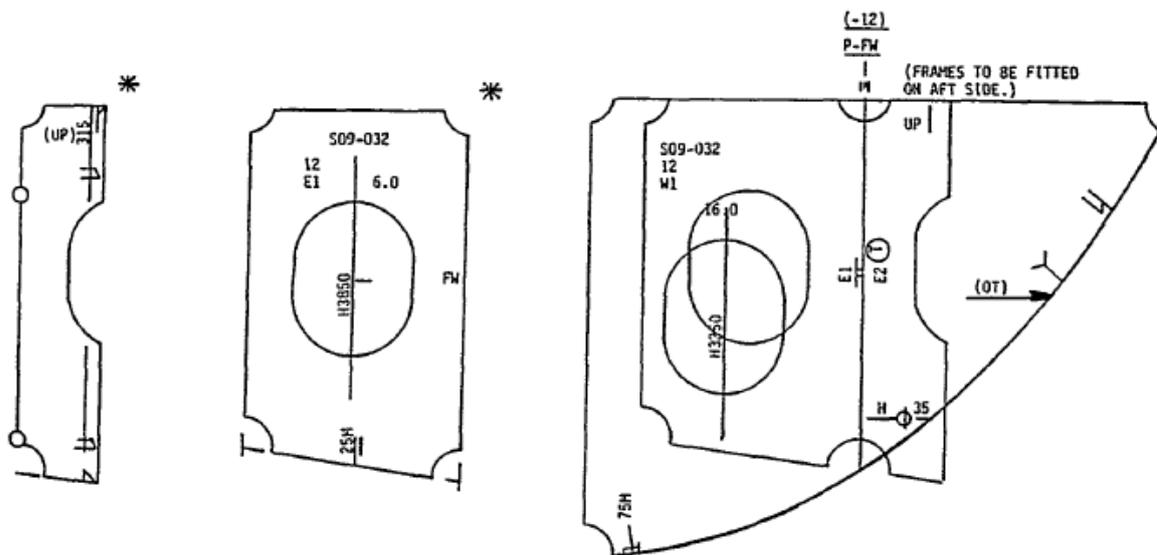



図 3－20、21　小組計画図の例

３．２．３．２．４　大組計画図

この図面では、ブロックの大組の詳細が示される。図 3－22 はこの図面の作成作業フローである。組立仕様計画図と造船所の工作図（yard working drawings）から情報を抽出し、図 3－23、3－24 に示されたような様式でもってデータの単純化を行うのである。

図 3－22　大組計画図の作成フロー

図 3－23　大組計画図の例

図３－24　大組計画図の例

３．２．３．２．５　ブロック仕上げ図（Finishing Dimensions）

この図面は、艤装やブロック搭載の際に関係してくる、大組と搭載で必要な基準線や、対角寸法、艤装品の取付線、そしてその他の基準寸法をブロック毎に示したものである。図 3－25 はこの図面の作成作業フローを、図 3－26 は仕上げ図の例を示している。

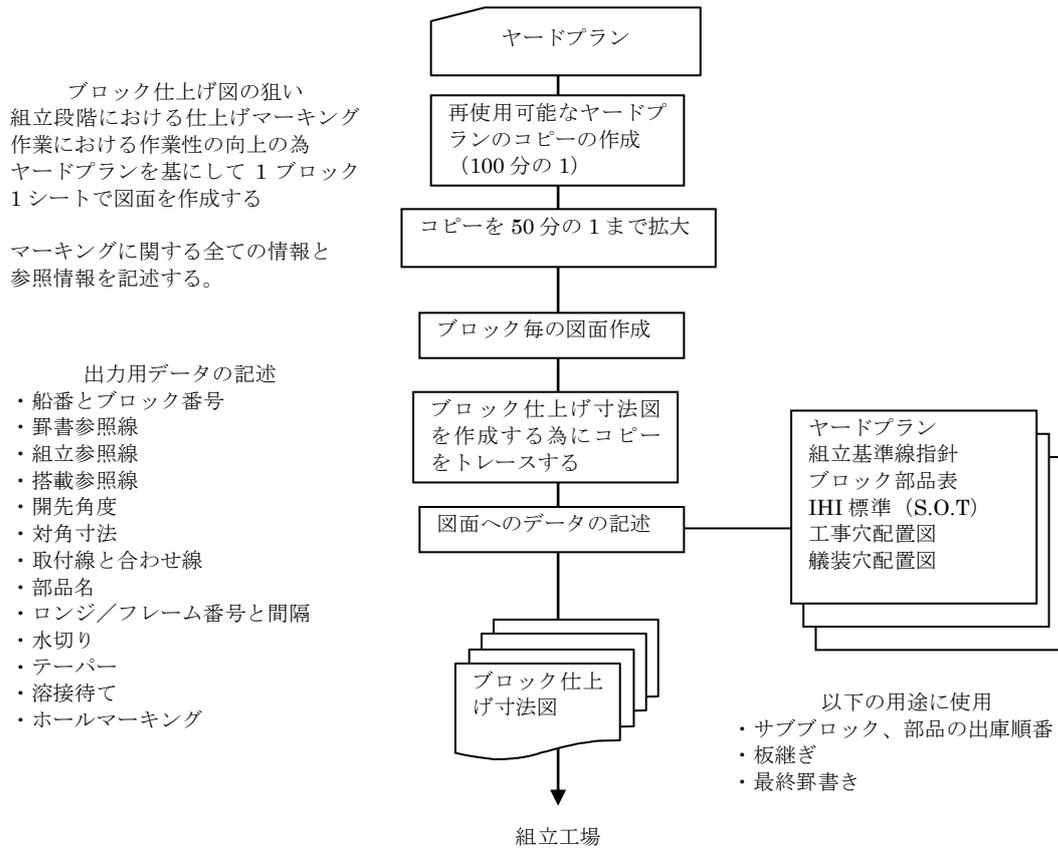



図 3－25　ブロック仕上げ図の作成フロー

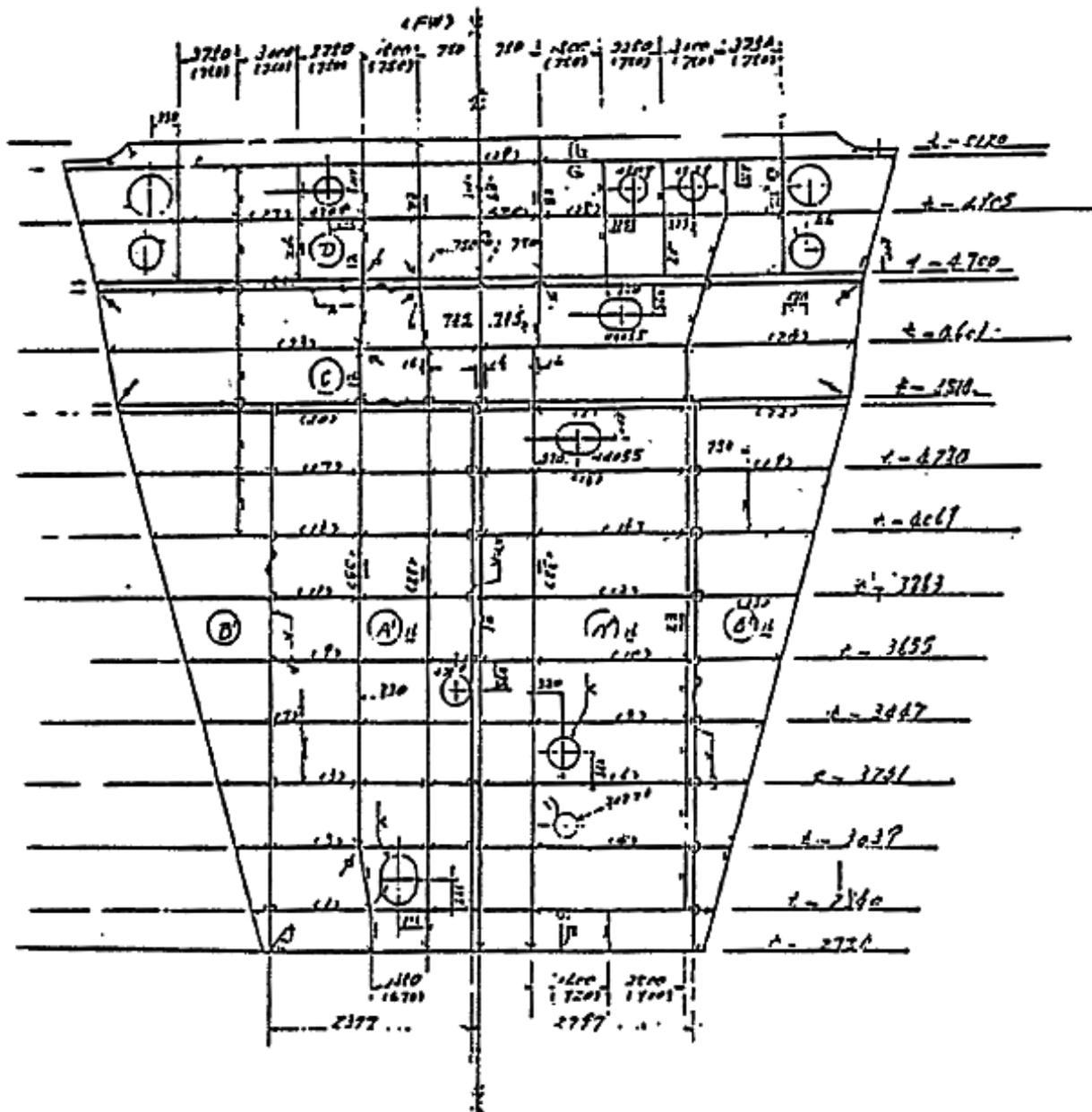



図 3－26　ブロック仕上げ図の例

３．２．３．２．６　組立冶具配置図（Assembly Jig Arrangement Plan）

この図面には、曲板ブロック毎に、外板の概略寸法や、溶接シームと固定点冶具との隙間寸法、外板を配置する際の合わせ位置、冶具の重量、フレーム線での傾き角度といった必要な情報が書かれている。この図面は、特定の曲板ブロックの冶具の配置と調整、組立定盤の計画などに使用される。図 3−28 は一つのブロックの組立で使用される組立冶具寸法表の例を示している。

SLANT-DIR.	KAKUDO	A	B
A	17.1	309	737

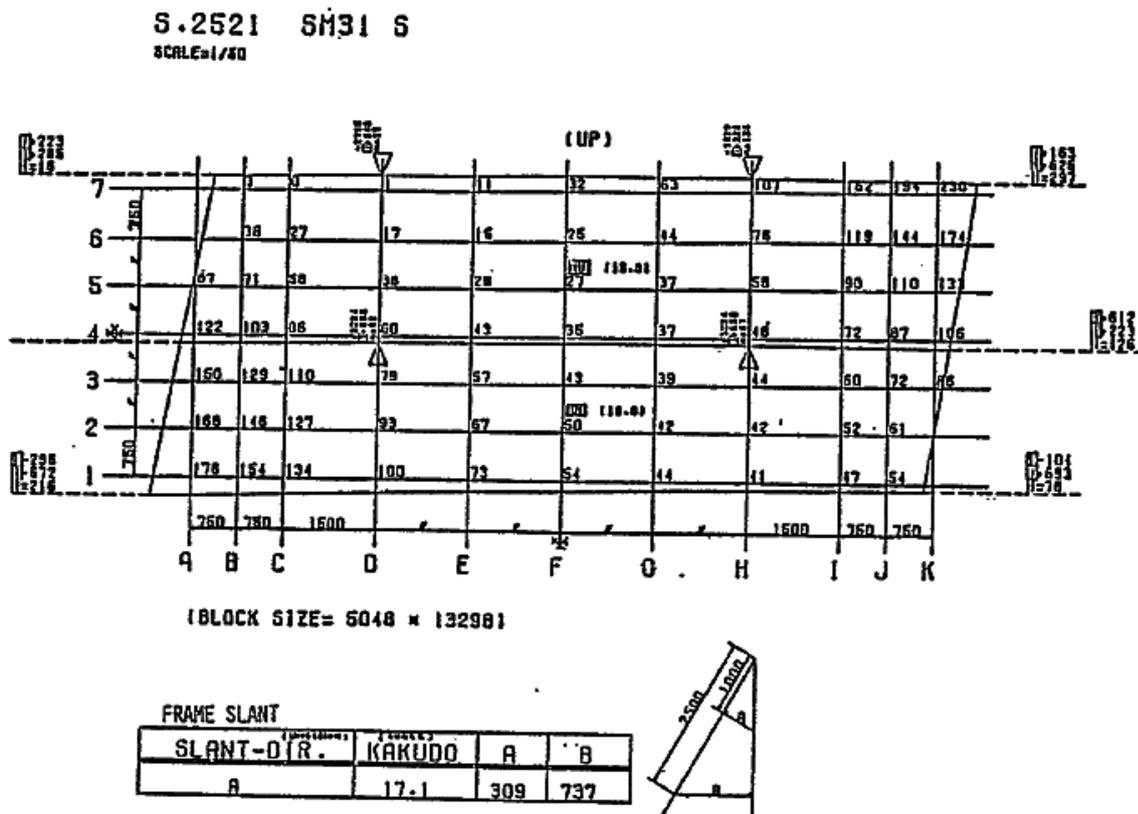



図 3−28　冶具寸法表の例

３．２．３．３　搭載の為の作業指示図（Working Instruction Plans for Erection）

以下の図面で構成されている：

- 船殻ブロック分割図
- ブロック搭載配置位置図？
- ブロック盤木・支柱配置図
- 溶接プロセス指示図
- 足場配置図

３．２．３．３．１　船殻ブロック分割図（Hull Blocking Plans）

この図面は、分割された船殻ブロックの搭載の為に必要な詳細情報を提供している。船全体を船殻ブロックへと分割した図面に加えて、以下に挙げるようなデータも含まれる。

・船殻継手（Hull Joints）
・フレーム線からの継手の距離
・ブロックコードと番号
・搭載の順番と方向
・挿入ブロック（？Insert Blocks）
・組立後切断部材と一時的な仮部材
・作業を担当する部門（？Section in charge of work）
・工事穴
・搭載時の開先角度
・フレームスペース
・ロンジスペース
・外板上のフレームのオーバーラップ長
・溶接脚長
・足場

図 3－29 は、船殻ブロック分割図の例である。

HULL BLOCK PLANNING

BLOCKING PLAN OF AFT SECTION

BLOCKING PLAN OF FORE SECTION

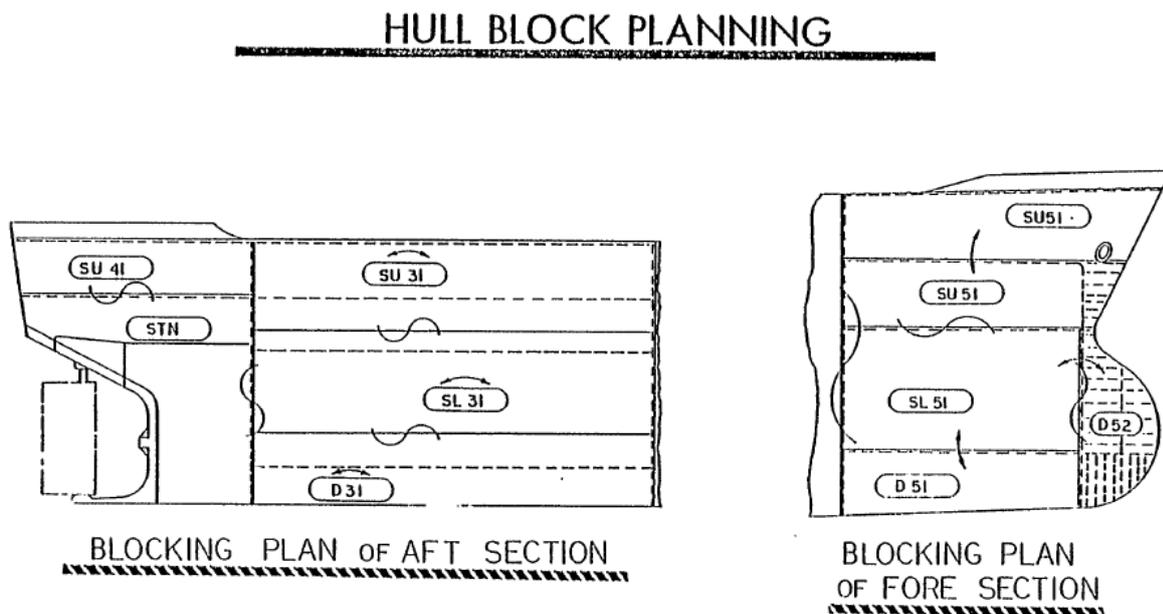



図 3－29 ブロック分割図の例

３．２．３．３．２　ブロック搭載配置位置表（？Shipwright Dimensions Plans）

コンピューター（IHI コンピューターシステム、IHICS のサブシステム）によって出力されるこの図面は、搭載時の各ブロックの搭載位置を示したものである。図 3－30 はこの図面の例である。

** SNO.2609 **

	**U **			**SL**		**SU**		**S**			**FS**	
	(FRAME NO.) FR. NO.	B. HABA	H. TAKASA	FR. NO.	HABA TAKASA	FR. NO.	HABA TAKASA	FR. NO.	HABA	TAKASA	FR. NO.	HABA
41				FC F12	(3.045*10.241) (6.410*10.242)	FC F12	(5.344*13.193) (8.413*13.194)					
32				F13 F23	(4.983* 8.590) (7.453* 8.592)	F13 F23	(8.606*13.195) (9.964*13.197)					
D12				F13 F23	(0.977* 1.747) (2.786* 1.743)	F13 F23	(1.347* 3.897) (3.836* 3.893)					
31				F27 F36	(8.256* 8.593) (9.591*8.596)	F27 F36	(10.256*13.197) (10.206*13.200)					

NOTE: HABA - BREADTH
TAKASA - HEIGHT

図 3－30 ブロック搭載配置位置表？の例

３．２．３．３．３　盤木・支柱配置図（Supporting Block Arrangement Plans）

この図面は、船底下の盤木と支柱の配置を示したものである。この図面を作成する際に考慮する点は：

・各盤木への荷重が 30～40 トンになるように
　（特に機関室下のブロックは特に注意を払う）
・ブロック搭載時の位置合わせ（Shipwrighting）に合うように配置
・進水時に外板が損傷しないように

図 3－31 はこの図面の例である。

図 3－31 ブロック盤木・支柱配置図の例

３．２．３．３．４　溶接作業指示図（Welding Process Instruction Plans）

溶接指示は船殻建造工場（Hull Construction Workshop）において決定され、工作図（yard working drawings）に織り込まれる。この図面は各船殻ブロックの自動・半自動溶接に関する情報を提供する。開先情報も含まれる。搭載時の溶接についても詳細な指示を与えている。図 3－32 と図 3－33 は図面の例である。

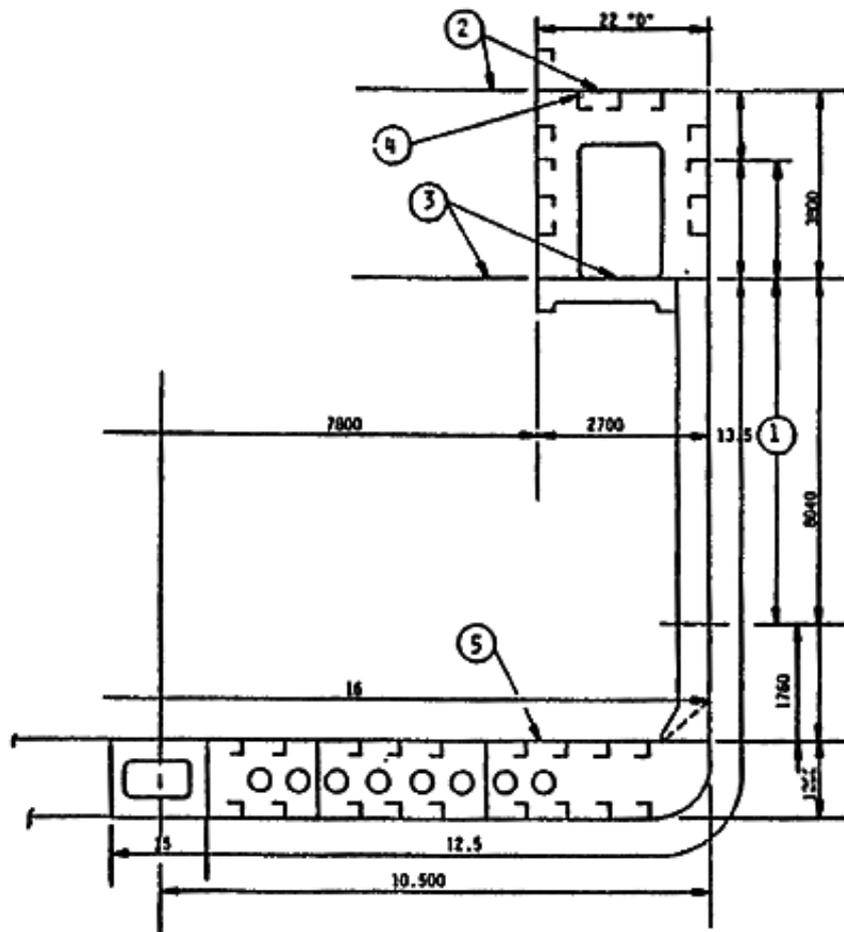
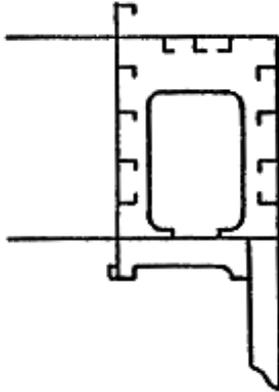
SNO 2609 MID SHIP SECTION

NO.	WELDING JOINTS	WELDING PROCESS
1	Side Shell Butt	E-Gas
2	Upper Deck Butt & Seam	CO2 One-Side
3	Tween Deck Butt & Seam	"
4	Deck Long	CES
5	Inner Bottom Butt	CO2 One-Side + UM

図 3－32　溶接作業指示図の例１

WELDING PROCESS FOR DECK

A) CES PROCESS
1) PREPARATION AND FITTING FOR DK LONG'L

NO	PROCESS	PREPARATION FOR FITTING
A	CES	1. Joint Leveling to be done with jigs for dk long'l and wedges and dogs for ces. 2. Groove opening --- 24mm Groove shape --- I 3. No fittings to be fitted by 70mm in width from groove for copper plate setting.

CES TO BE APPLIED
FR36 - FR136
(U31xL1) - (L6 x L6)

2) COPPER PLATES AND WELDING MATERIALS

JOINT	SIZE OF MATERIAL	SIZE OF COPPER PLATE	SIZE OF NOZZLE	FLUX	WIRE
DK LONG'L	300 x 29 FB	Front Side 400 x 1 Back Side 400 x 1	KNZ-1 10ϕ x 500	MF-38 12 x 65	ES-50 2.4ϕ x S200

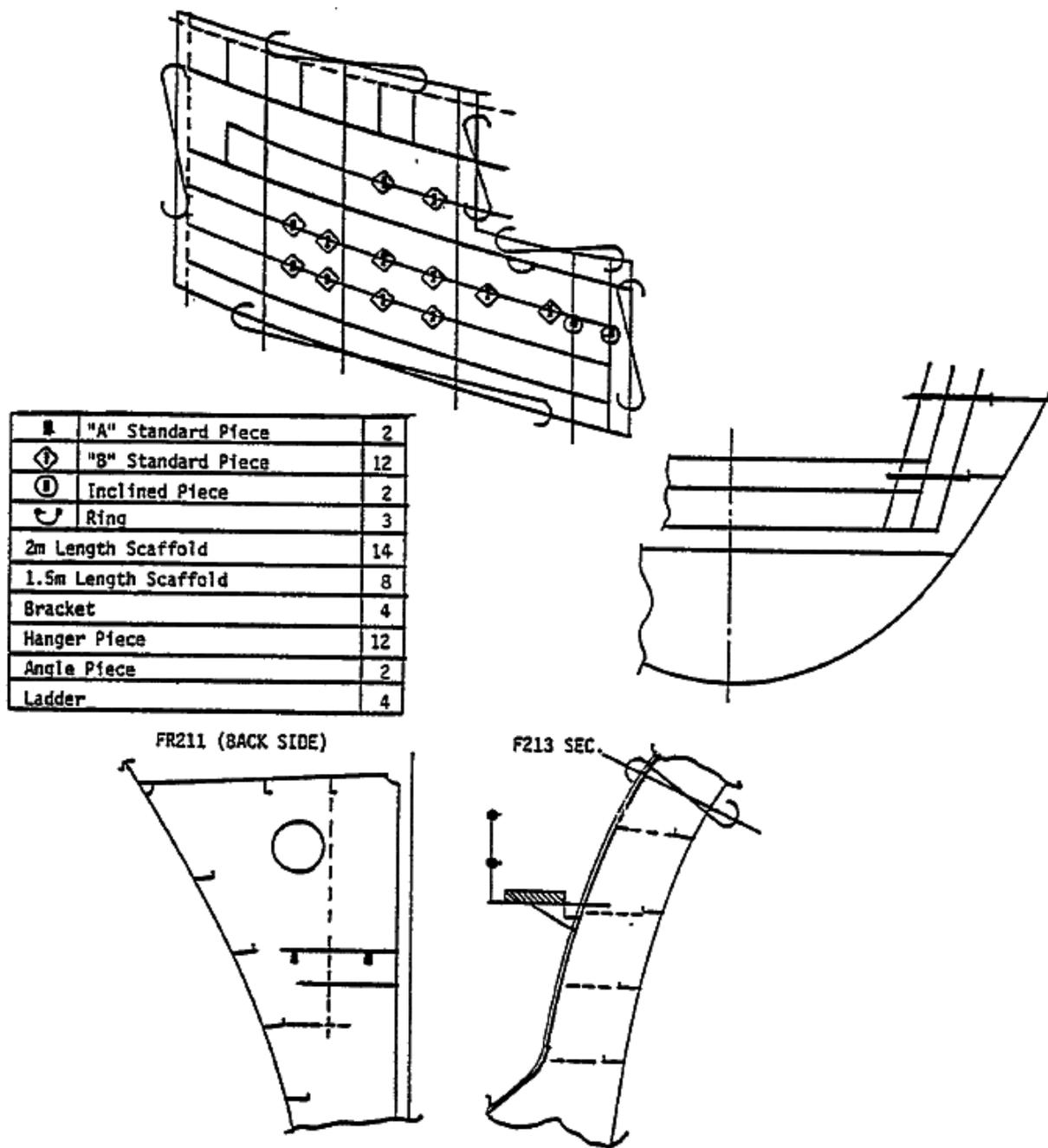
図３－33　溶接作業指示図の例２

３．２．３．３．５　足場配置図（Scaffording Arrangement Plan）

足場配置図は、ブロック搭載時のブロック内外部での足場の使用を示したものである。移動式足場の利用は、足場の利便性を大きく向上させたが、足場の組立や取り外しには最終的に図面が必要である事には変わりない。足場取付ピースと足場材料に関する情報が、小組・大組の段階分も含めて記述される。図３－34 と図３－35 は、足場配置図の例である。

図３－34　足場配置図の例１

図３−34　足場配置図の例２

３．３　艤装計画

IHI における艤装計画は、基本設計（Basic Design、GA の段階）の終了と共に開始され、船殻建造計画作業（船殻ブロック分割図、ブロック組立図などの作成）と、機能・詳細設計作業と並行して進められている。

IHI の造船所では、なるべく多くのブロックで先行艤装を実行できるような体制になっている。これにより、搭載中や進水後で艤装を行う場合よりも、艤装作業の総量を大幅に軽減する事が出来ている。このアプローチによってかなりの工数とコストが削減され、高い生産性を達成する要因にもなっている。

特に IHI の船殻建造手法で用いられている「モジュール」の観点に立てば、先行艤装は造船のコストを削減する為の理論的かつ高度に効果的な手法であるといえる。船殻構造の各生産段階における、ブロックの組立やブロック同士の接合によってもたらされる「地上ブロック」は、艤装機器や艤装ユニットの搭載、取付作業にとって、理想的な状態を提供してくれる。組立定盤にある船殻ブロック組立中に艤装作業を行う事が出来れば、コストや危険性を大幅に下げ、かつ、より動き易くなり、より多くの溶接個所も容易な下向き溶接が可能となる。こうした艤装法は、IHI における、船台作業時間短縮という目的にも合致している。

ここ数年間、IHI では艤装に関する挑戦についての多くの研究が行われ、それについての論文や資料が作成された。日本の造船所における先行艤装の理論と試行についての幾つかの優秀な報告書が、MarAd の造船研究プログラムから（追加情報のソースと共に）参照可能となっている。この情報から、この報告書では IHI の造船所で行われている艤装作業を、この活動の裏にある理論や理論的根拠といった詳細な事は触れずに、実際に彼らが行っている事から説明して行きたい。基本的には、設計、調達、生産、資材手配、管理といった活動を中心として見て行く。図 3－36 はこうした幾つもの部門に跨いだ、艤装活動の全体の流れを示したものである。

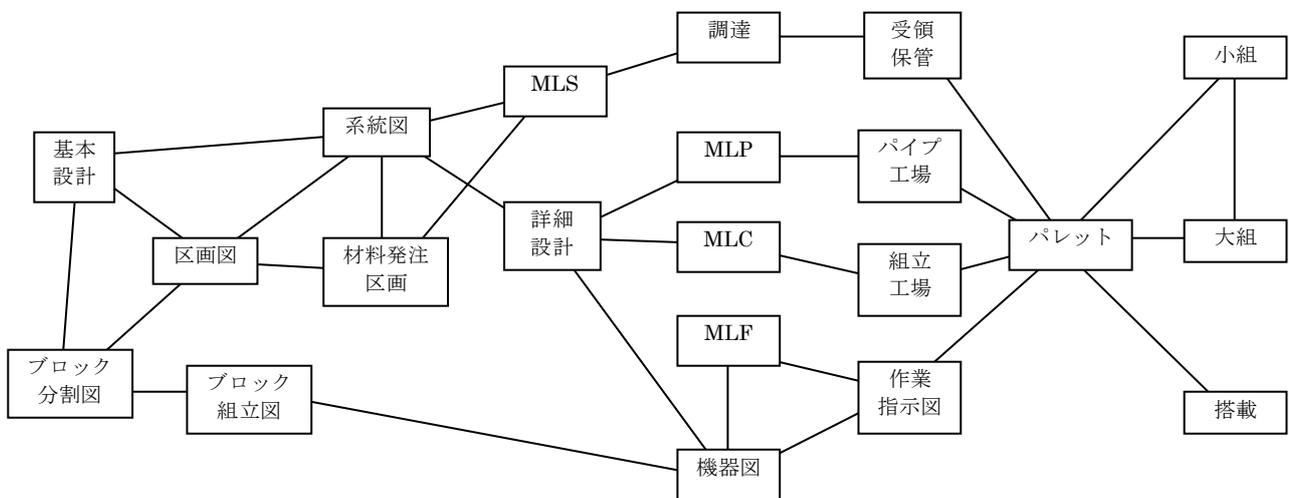



図 3－36　艤装作業の流れ

３．３．１　設計（Design）

艤装の基本計画作業は、基本設計から全体の工作図（working drawing）を作成する間に行われる。造船所の設計部門が（企画本部の設計部が作成した）基本設計図を受け取ると、取付工場の生産計画スタッフと協議し、系統別のダイヤグラム（系統図）を作成する。系統図では、それぞれの系統で必要となる全ての構成物を定義しているが、ブロックとか区画と言った、船全体の一つ下の区分けは行われていない。この系統図を基にして、系統別資材表（Material List by System、MLS）が作成される。この表は、各資材発注区画（Material Ordering Zone）で要求されることになる、容積（bulk）と素材、システム構成物を項目化する。図３−37 は MLS の例を示したものである。

MLS　番船別装置部品表

搭載符号	艤装品コード ITL. CODE		品名 DISCRIPTION 材質、型式、規格、寸法 引当指示項目	取付符号 PIECE NO.	塗装コード PAINT CODE	単位	数量 No. (NET) 数量 (GROSS)	単重 WT (NET) 重量 (NET)	引当図番	手配区画 SUB ZONE		備考
	403002015	16	FC ANGLE VALVE FC/BC FL 5200B	33,10,00 FR/042V	A32	1	10 10	1040 1040		B4X171---0 B4X171---0	11117	98 10391 0800
	403002015	16	FC ANGLE VALVE FC/BC FL 5200B	33,10,00 FR/043V	A32	1	10 10	1040 1040		B4X171---0 B4X171---0	11117	98 18391 0800
	403002015	16	FC ANGLE VALVE FC/BC FL 5200B	33,10,00 LO-025V	A32	1	10 10	1040 1040		B4X186---0 B4X186---0	11117	98 19177 0800
	403002015	16	FC ANGLE VALVE FC/BC FL 5200B	33,10,00 LO-026V	A32	1	10 10	1040 1040		B4X186---0 B4X186---0	11117	98 19177 0800
	403002015	16	FC ANGLE VALVE FC/BC FL 5200B	33,10,00 LO-027V	A32	1	10 10	1040 1040		B4X186---0 B4X186---0	11117	98 19177 0800
	403002015	16	FC ANGLE VALVE FC/BC FL 5200B	33,10,00 LO-028V	A32	1	10 10	1040 1040		B4X186---0 B4X186---0	11117	98 19177 0800
*	403002015	16	** SUB-TOTAL ** SUB-TOTAL	** **		100 100		 10400		B4		
	403003008	16	FC S.D.C.GLOBE VALVE FC/BC FN 5050GB	31,30,00 BS-222V	A32	1	10 10	148 148		B4XM1AP--0 B4XM1AP--0	11117	98 18392 2 0800
*	403003008	16	** SUB-TOTAL ** SUB-TOTAL	** **		10 10		 148		B4		
0	403003009	16	FC S.D.C.GLOBE VALVE FC/BC FN 5065GB 922348 362902	32,60,00 FO-019V	A32	1	10 10	213 213		B4X118---0 B4X118---0	11115	0800
*	403003009	16	** SUB-TOTAL ** SUB-TOTAL	** **		10 10		 213		B4		
	403003010	16	FC S.D.C.GLOBE VALVE FC/BC FN 5080GB 922367 364901	33,10,00 FR-201V	A32	1	10 10	276 276		B4XM3AP--0 B4XM3AP--0	11115	0800

(2205)

担当者 2262　番船 2681　図面番号 H4030000　作成 80年 3月 12日　P. 155

図３−37　系統別材料表（MLS）の例

IHIは、船毎に幾つかの「区画」を設けている。

・主要区画（Major zone）

船殻建造の為に船を分割する際に、主に用いられている

・資材発注区画（Material Ordering Zone）

資材調達の際に分類する為の区画

・艤装区画（Outfitting Zone）

艤装の大きな範囲を定義する

・艤装作業区画（Outfitting Work Zone）

艤装区画を、艤装作業のまとまり別に更に分割したもの

図3－38は、こうした各種の区画について示したものである。

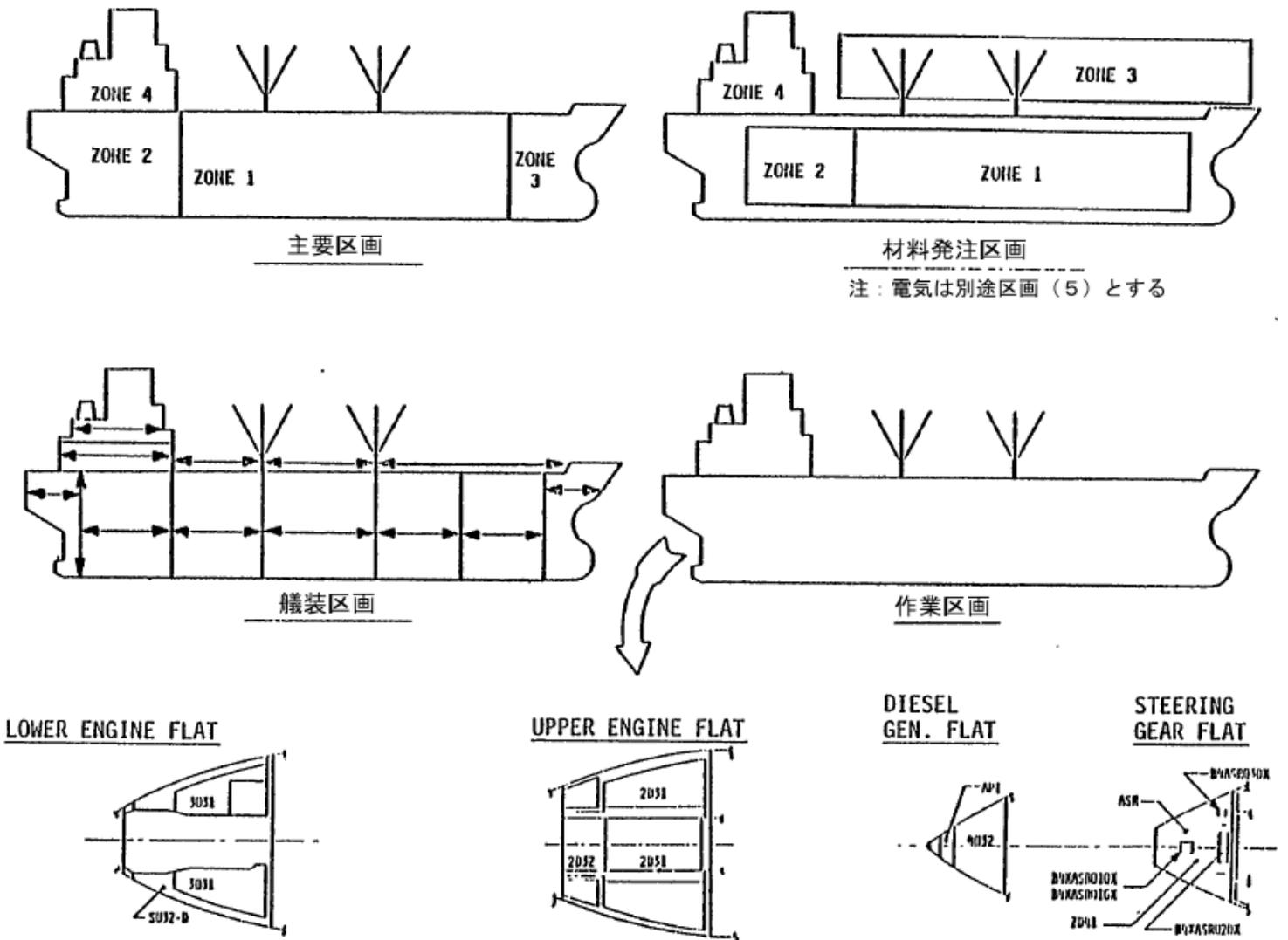



図3－38　艤装に関する区画

資材発注区画（Material Ordering Zone）は、船の種類によって 4～7 つの区画に分けられる。共通となる 4 つの区画は、カーゴホールド、機関室、主甲板、居住区である。電気関係は独立した区画として取扱い、合わせた 5 つの区画がタンカーやバルクキャリアーで用いられている。コンテナ船はについては追加の区画が設けられている。

資材発注区画毎に作成された系統別の資材表（MLS）は資材調達部門に送付され、予定表作成と発注作業とに使用される。IHI の造船所でこの何十年間に蓄積された豊富なデータと、造船所と長年付き合いのある下請け、取引先との特殊な関係とにより、納品時期や価格の正確な情報が、造船所の調達部門において直ぐに作成可能である。

また、調達部門のデータベースにあるこうした情報は、常に最新のものに更新され続けている。調達に関するより完全な説明は、後ほど行う。

エンジニアリング部門による系統図（System diagram）の作成は、設計の第二段階である「機能設計（Functional Design）」の一部である。この機能設計では、基本設計を基にして詳細設計が行われる。

この詳細設計段階で、機能設計から得られたデータから、大組や小組の工作図や、詳細部品図面が作成される。また、艤装区画図（Outfitting Zone Plan）も作成される。基本的にカーゴホールドや機関室、デッキハウス、主甲板、等といった船の主要な区画を艤装作業と関係するより小さな区画に分割して行くことで、この艤装区分を作成して行く。「艤装区画」は特定の系統とは関係なく、単に空間範囲（三次元）を定義したものである。それどころか、その空間に入る全ての系統が、区画の境界面で囲まれている。一つのデッキの部分であったり、複数デッキの部分であったり、単数もしくは複数のコンパーメント、隣接するコンパートメントのある部分、といったものが、艤装区画となり得る。図 3－39 は艤装区画定義の例である。

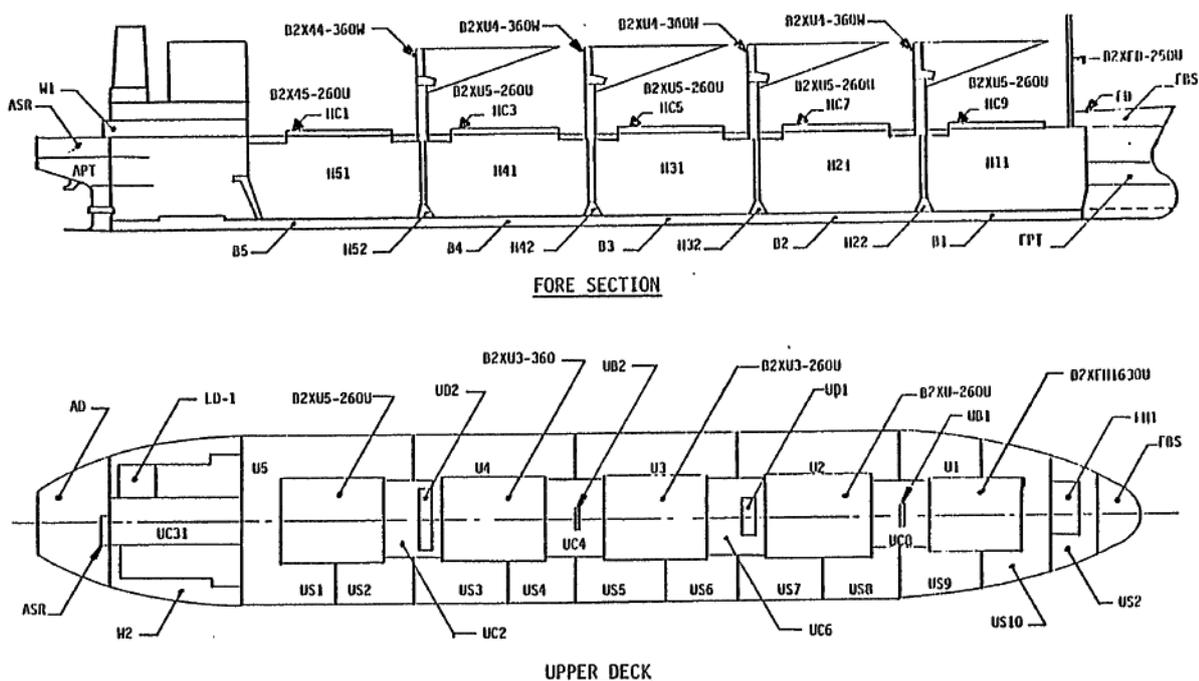



図 3－39　艤装区画の例

艤装区画への分割基準は、船殻の分割（船殻ブロック分割図）を基にしており、小組、大組、搭載の各生産段階での艤装作業の論理的固まりを定義している。この作業パッケージは小組、大組といった船殻建造作業と並列の関係にあるが、これはまさにその船殻の建造スケジュール内に完了させなければならないからである。その後、艤装区画が船殻ブロック分割図のどのブロックと一致しているかを識別する。

識別・定義された艤装区画で、パイプの加工や配置、艤装部品や小組（ユニット？）の為の部品図と一緒に、詳細な資材表が作成される。パイプの加工にはMLP（Material List for Pipe）、他の艤装構成物にはMLC（Material List for Compornents）と呼ばれる特定の資材表が作成される。これらの部品表とそれに関連した部品図は、造船所のパイプ工場もしくは組立工場へと順次出図され、生産作業が行われる。図3－40はこうした資材表の例である。

パイプ材料表（Material List for Pipe）

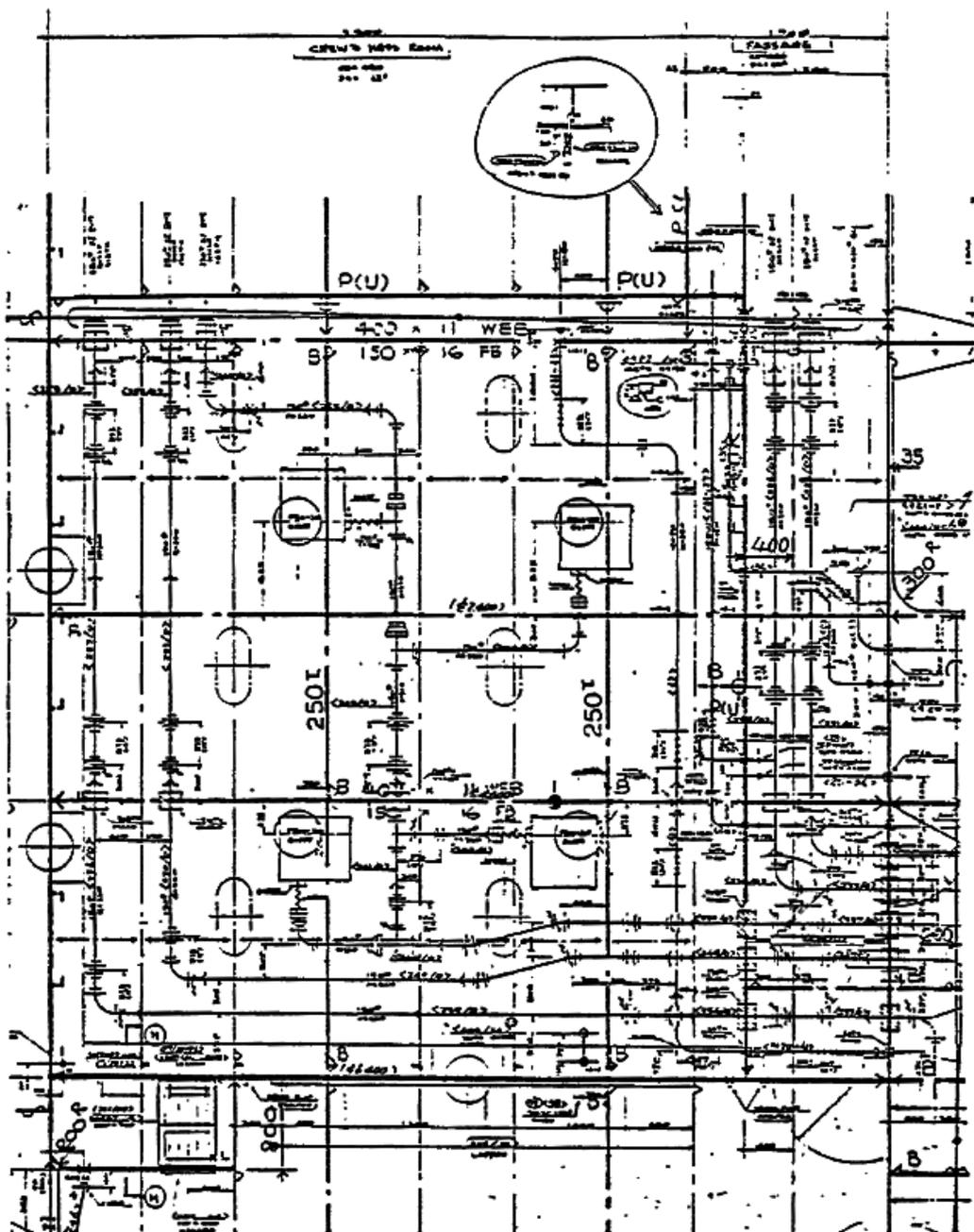
MLP

DESCRIPTION	S NO	OUTFITTING CODE	C NO	MATERIAL CODE						WEIGHT
15A			94	161001	1			13	0	93.7
25A			94	161003	1			31	0	414.3
40A			94	161005	1			26	0	556.3
50A			94	161006	1			14	0	408.9
65A			94	161007	1			9	0	369.8
15B			94	162001	1			1	0	7.2
25B			94	162003	1			9	0	127.2
40B			94	152005	1			14	0	315.7
65B			94	162007	1			5	0	260.8
25C			94	162103	1			1	0	18.0
40C			94	162105	1			6	0	180.5
50C			94	162106	1			4	0	164.1
65C			94	162107	1			3	0	193.0
25CC			94	162118	1			1	0	18.0
40BB			94	162156	1			2	0	45.1
50BB			94	162157	1			2	0	59.8
65BB			94	162158	1			1	0	50.2
25CC NK			94	172022	1			2	0	35.0
40CC NK			94	172024	1			3	0	90.3
40CC AB			94	178024	1			1	0	30.1
40SC LR			94	184077	1			1	0	30.1
15B AB			94	188004	1			1	0	7.2
25B NK			94	188006	1			2	0	28.3
			94							
			94							
			94							
		TOTAL	94							3,499.6

図3－40　MLPの例

それに加えて、詳細設計の進展と共に、全ての艤装資材を、いずれかの「作業区画（Work Zone)」（艤装区画を艤装作業の単位で更に分割したもの）に配置した構成図（装置図？）が作成される。この構成図は、それぞれの作業区画で、取付と接合という詳細な作業における、幾つかの異なった系統の相互関係を示している。図 3－41 はこの構成図（装置図？）の例である。

図 3－41　構成図（装置図？）の例

図 3−42　作業指示図作成フロー

構成図（装置図）の作成が完了すると、最後に作業指示設計（Work Instruction Design）が開始される。ここでは、小組、大組、搭載、進水後といった異なった作業段階において、取付るべき艤装構成物の図面の作成を行う。図 3－42 は最上流の設計レベルから作業指示図に至るまでの作業フローを示したものである。作業指示図と共に、この図面上で作業を行う構成物についての取付資材表（MLF、Material List for Fitting）が作成される。この一連の図面には、実施すべき作業、艤装品がどの段階で取り付けられるのか、そして作業場に蓄積もしくは準備されるべき資材表についての情報が書かれている。図 3－43、図 3－44 は、作業指示図と取付資材表の例である。

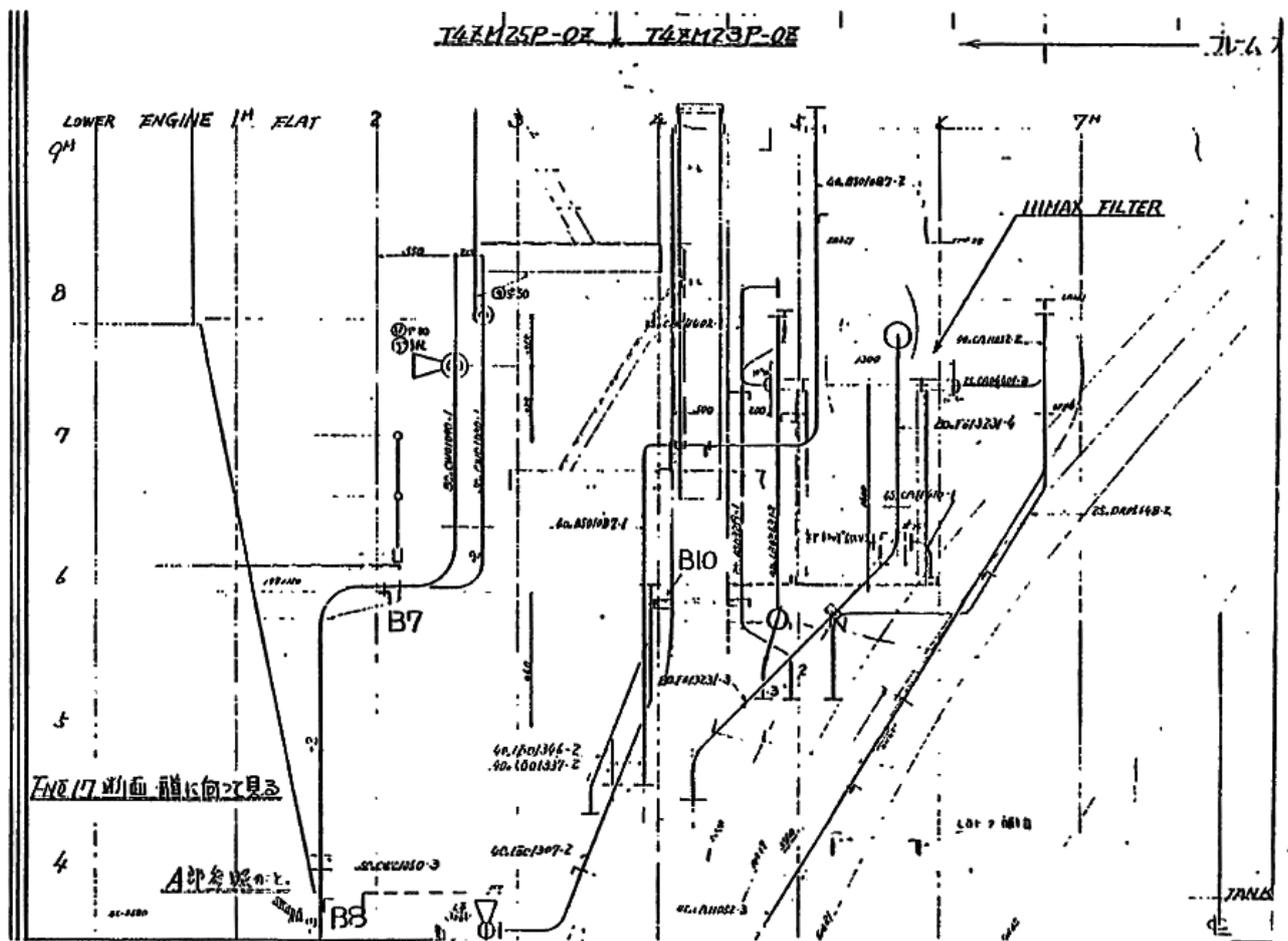



図 3－43　作業指示図の例

M L F

A : Information for unit assembly
F : Fabrication sign.
L : Temporary location sign for next stage.
U : unit of quantity
W : Indication of weight

Date
79. 05. 11

DESCRIPTION	A	Piece No.	F	L	Specifications	Qty U W	Weight	Paint	Ref.Dwg No / MLF No. for TLM	Mtl code	A	Remarks
BUTTERFLY VALVE(MANUAL)		SW-425V			FC25 SCS13 5K * 200	1011	240	D42	N4044000	1404490000		*
BUTTERFLY VALVE(MANUAL)		SW-426V			FC25 SCS13 5K * 200	1011	240	D42	N4044000	1404490000		*
BUTTERFLY VALVE(MANUAL)		SW-472V			FC25 SCS13 5K * 125	1011	140	D42	N4044000A	1404490000		*
BLIND FLANGE SS41 GALV.Fd 5K 80SS0						1011	29	R44		4406010130	A	*
WATER FILTER		SW-403S			5K-200C (200X250) FIREGS	1011	1410	D44	N4082400C	1408250900		*
WATER FILTER		SW-404S			5K-200C (200X250) FIREGS	1011	1410	D44	N4082400C	1408250900		*
FIRE & G S PUMP		MA-057AA			VEC 180/300M3/H * 80/35M	101	10000		N4451160A	1445116000		*
FIRE & G S PUMP		MA-057AB			VEC 180/300M3/H * 80/35M	101	10000		N4451160A	1445116000		*
MOTOR (FIRE & G S P)		P/FGR-M			75KW 1800RPM TE V B	201	13200		N4451170	1445117000		*
PIPE BAND SUPPORT					N=24	1011	1872		F4634803	2463400000		*
ORIFICE		SW-401W			10K * 125	1011	07	D42	N4699300E	1469930000		*
ORIFICE		SW-402W			10K * 125 (D=39)	1011	01	NOP	N4699300D	1469930000		*
VERTICAL LADDER		NG-108V			VFS-5 L/800	1011	110	D33	F4830212	2483620000		*
VERTICAL LADDER		NG-101V			VFS-5 L/950	1011	131	D33	F4830212	2483620000		*
FLOOR & GRATING		NG-070C				1011	905		F4831010	2483100000		*

S. No.	MLF - No.	Req. date	next stage	Work Dwg. No.	Shop		BClength	Total wt.	Control wt.	Erect wt.	Page
								785	785	785	
2688	W4Y057----	079 06 01	T4BPS31S-0	ZU01 .3	7	42 PNO.226		5171	5171	5171	2

(1111)

図 3－44　取付材料表（MFL）の例

この作業指示図に、それに関係した取付資材表（MFL)、調達した構成物、造船所等で加工した構成物とにより、特定の作業パッケージが構成されるが、IHI ではこれを「パレット」と呼んでいる。あるブロックでの艤装もしくは搭載後の船内艤装が可能なように、全ての情報と関連する資材とが、特定の作業場、特定の作業段階、そして特定の時間間隔で収集されるようになっている。

情報と資材の「パレット」は、ある艤装区画内にある「作業区画」と一致している。こうした艤装活動は、船殻建造の小組、大組、搭載の予定と連続して平行になる様、厳密に予定立てられる。

上記のシステムでは、物理的な資材は文字通り「パレット仕分け」される。パイプと艤装品のパレットは、管工場と倉庫担当者によって作成され、艤装予定表で必要とされる艤装定盤へと運搬される。この資材の「仕分け」は、造船所において多くの異なる場所でその時その時で発生している艤装作業を大幅に促進する。

３．３．２　調達（Procurement）

系統別資材表（MLS）と調達仕様書の作成と、図面の調達部門への提出をもって、調達サイクルが開始される。個々の資材発注区画へと細分化された系統別資材表（MLS）から、様々な取引会社から調達される素材と艤装資材の締切と価格の決定に必要な情報が作成される。

図 3－45 は、調達部門における情報の入出力フロー図である。この図のように、エンジニアによって提供されたデータは、コンピューターシステムを通じて各商品の発注先や納期、価格の決定に使用される。コンピューターシステムはこの情報から、調達要求もしくは調達命令、納期管理表（Delivery Time Control）、平衡平準表（Leveling and Balancing List）といった一連の書類を作成する。国内国外の調達に関わらず、こうしたドキュメントは調達部門もしくは資材管理部門から IHI の企画本部へと流れて行く。資材は造船所で受領され、倉庫に保管されるか、パレット仕分けを行っている場所へ納品され、艤装作業場へと配達されるのである。

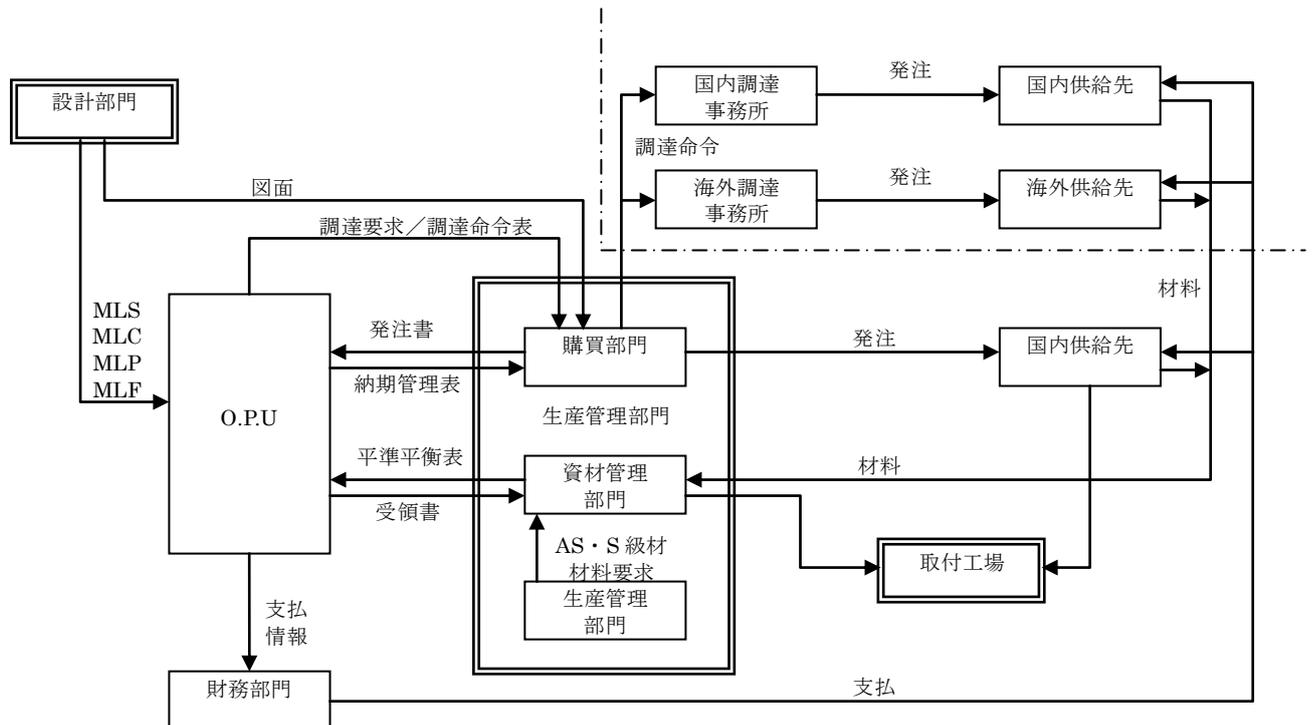



図 3－45　調達情報の流れ

IHI の調達作業で用いられているプロセスは良くできているが、全てで入札方式を行うアメリカの習慣とは相容れず、アメリカの調達組織には合っていない。図 3－46 から図 3－48 は、IHI の造船所における典型的な資材管理と調達作業の流れである。

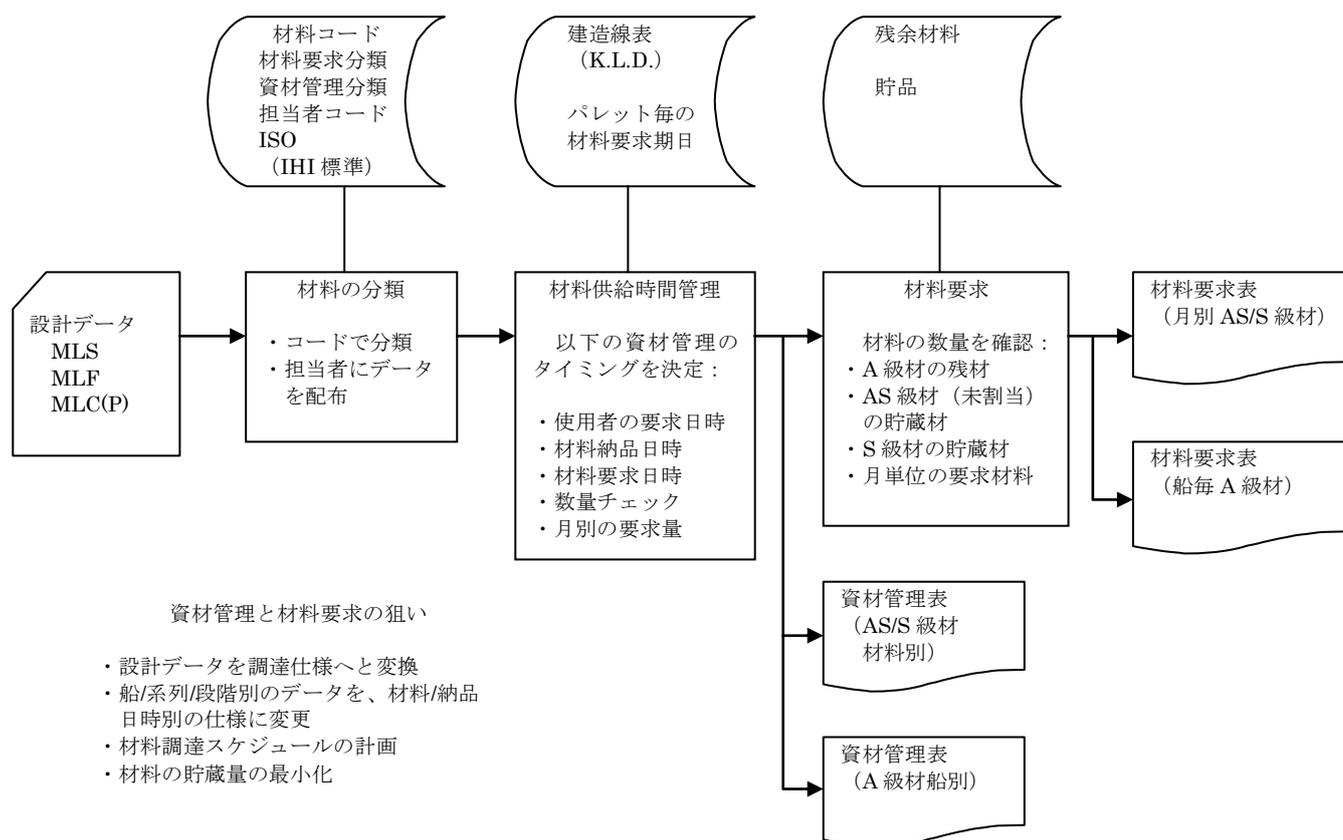



図 3－46　材料と要求の流れ

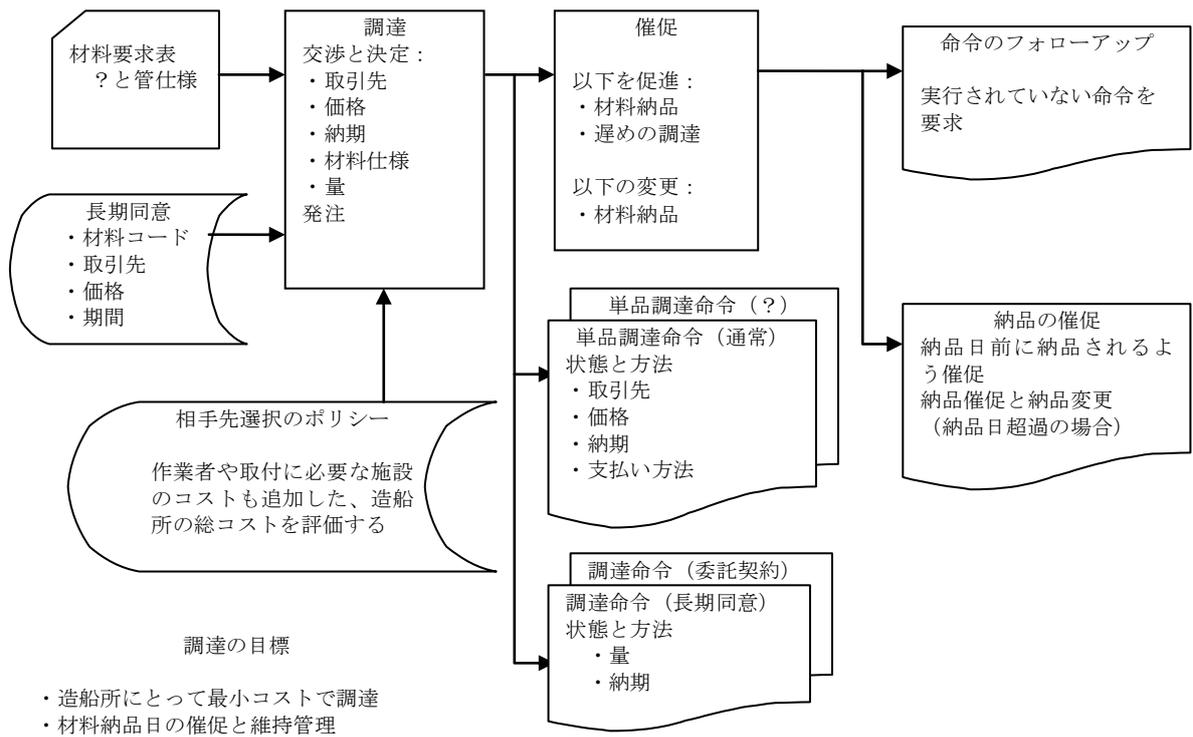



図 3－47 調達の流れ

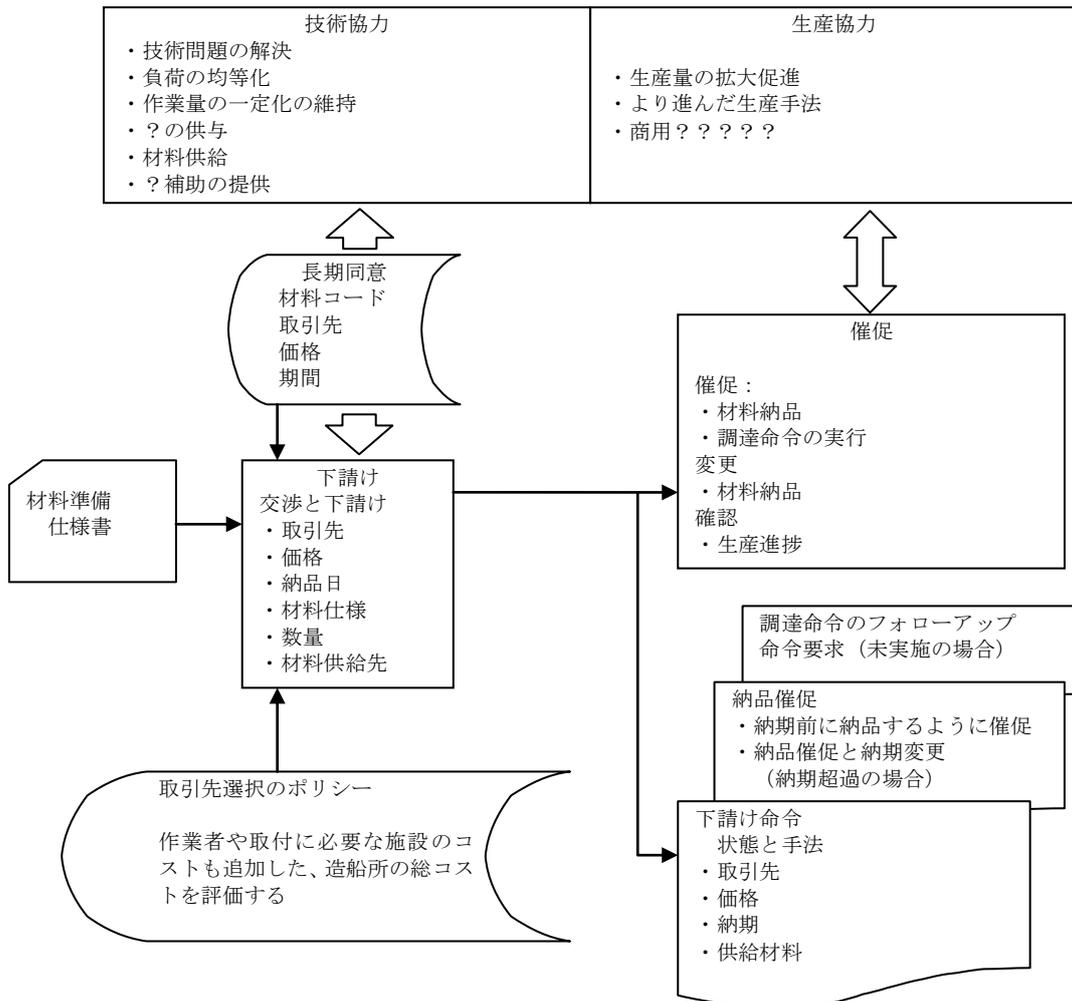



図 3－48 下請けプロセスの流れ

３．３．３　資材管理（Material Control）

IHI の造船所における資材管理は、調達、受領、倉庫、パレット仕分け、支払いといった活動を含んでいる。その中でも最初に調達作業が、設計や生産計画作業と共に業者から供給される資材の識別と調達を全体の流れの早い段階で行われることになる。

資材の納品は、建造プロセスを通じ、適切な回数で行われる事により、船殻建造と艤装作業とを支援する。資材調達活動の目的の一つは、鋼材や艤装品が造船所で過剰貯蔵されることが無いように納品の山ならしを行う事である。

資材の納品の後、倉庫への保管とパレット仕分け作業が開始される。図 3-49 はこのプロセスを説明したものである。このプロセスは、資材の受領、貯蔵、支払いにおいても同様であり、これは多くの造船所でも共通である。一般には、資材を受領、検査、記録し、そして適当な倉庫もしくは貯蔵区画で保管される。納品された資材には、どの部分で誰が使用するのかが明確になるコード番号が付与され、その資材の記録が資材台帳に載せられる。資材出庫命令を受けると、それに合った MLF を参照し、対象の作業区画で必要な全ての資材が出庫され、パレット仕分け場へと送られて、パレットへと分けられる。資材がパレットへと搭載される際に資材表がチェックされ、不足分を記録し、直ぐに行動可能なように調達部門によって催促活動が行われる。(不足表に記載された物を除く）全ての資材が集積されると、パレットは適切な艤装場へと運搬される。図 3-50 は設計から調達、艤装に至るまでの全体フローを示したものである。

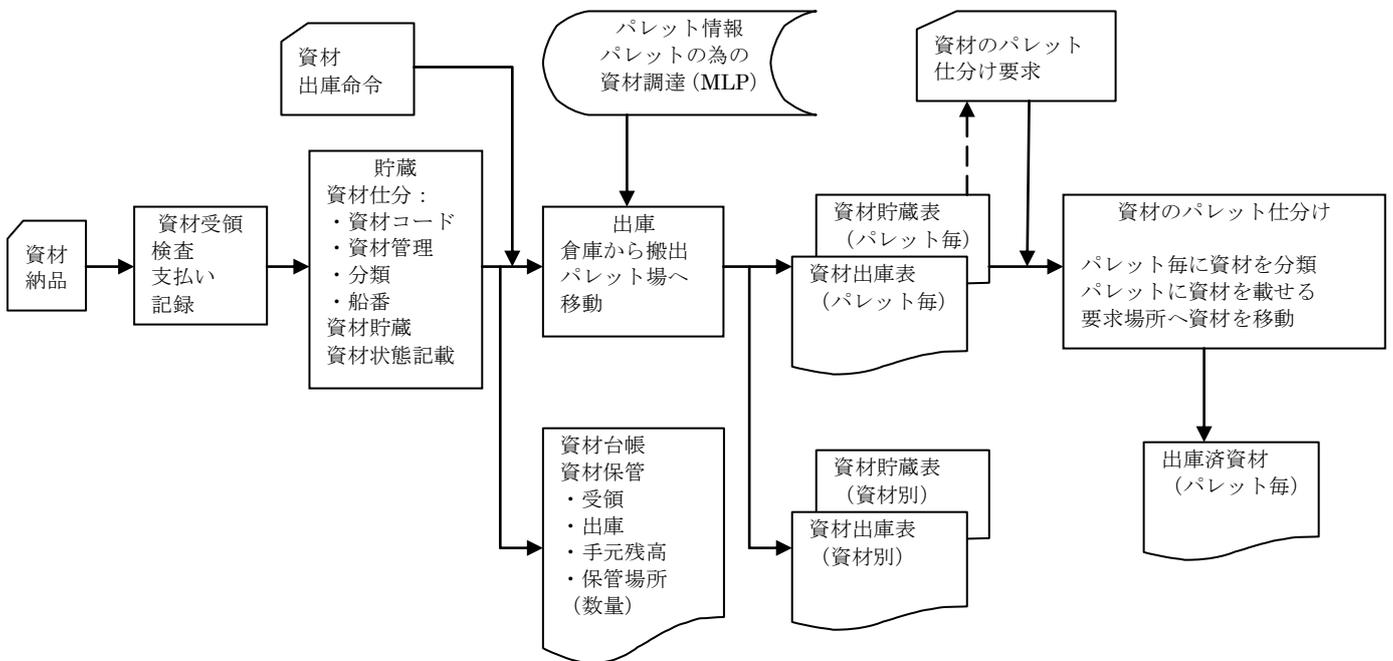



図３－49　倉庫とパレット作業の流れ

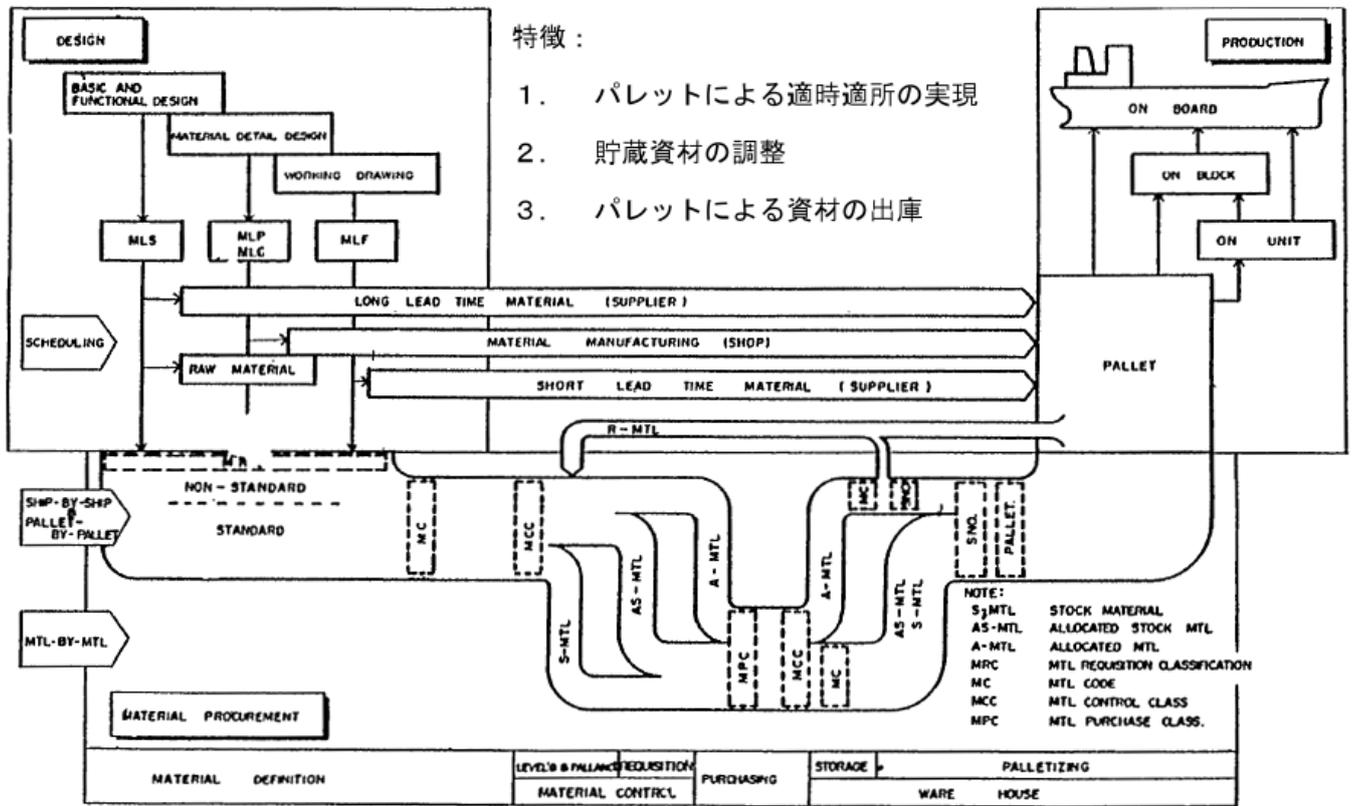



図３－50　資材管理システム

３．３．４　生産

取付工場（Fitting Workshop）は、外注分を除いた、加工済の艤装資材と構成物の組立を行い、そして組みあがった物を、小組やブロック、搭載後の船上への組み込む。この取付工場は、艤装区画を縦断して作業が行われるパイプと電線を除き、船毎の主要な艤装区画に並行に組織されている。この組織図を図 3-51 に示す。

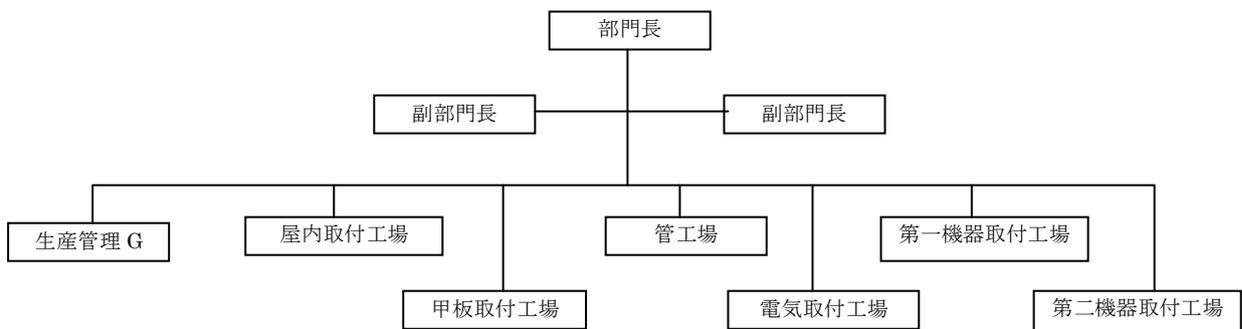



図３－51　取付部門組織図

艤装の生産作業フローは、設計、調達、艤装構成物や小組の作成、そして艤装構成物（造船所作成のものも外注のものも）のブロック内や搭載・進水後の船上での取付、という組み合わせで成り立っている。こうした無数の作業は、艤装工事大日程（Outfitting Master Schedule）から週毎の予定表へと取付工場の生産管理スタッフによって慎重に予定を組み上げられる。図 3-52 は、船殻ブロックの作成と並行して行われている、艤装の生産作業フローを示したものである。

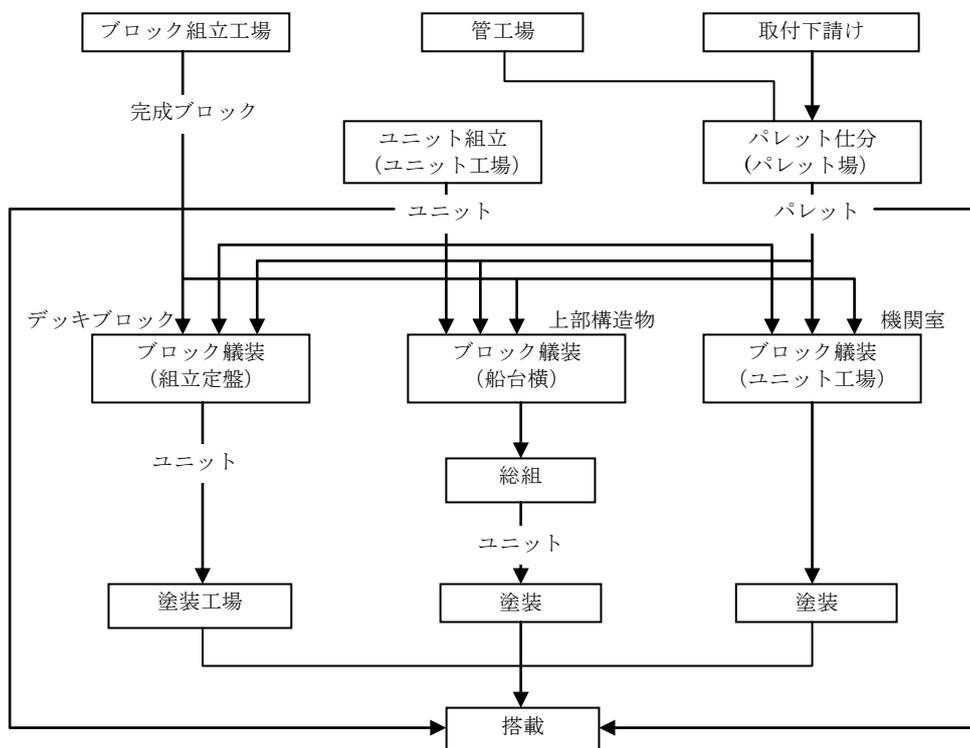



図 3－52　艤装作業フロー

取付プロセスにおいて、資材と資材表として表わされる適切な情報、図面、そして船殻組立作業と共に流れる予定表は、極めて重要な要素である。取付を行う資材の幾分かは造船所内で作成される為、取付予定だけでなく製造予定と製造に必要な資材は、艤装要求を支援する為にも正確に作成しなければならない。こうした製造予定は、製造そのものと他のパイプや艤装品等のパレット仕分けに必要な時間分を、取付予定から前倒しにして作成される。図 3-53 は艤装システムにおける資材とそれに関連するデータの流れを示したものである。

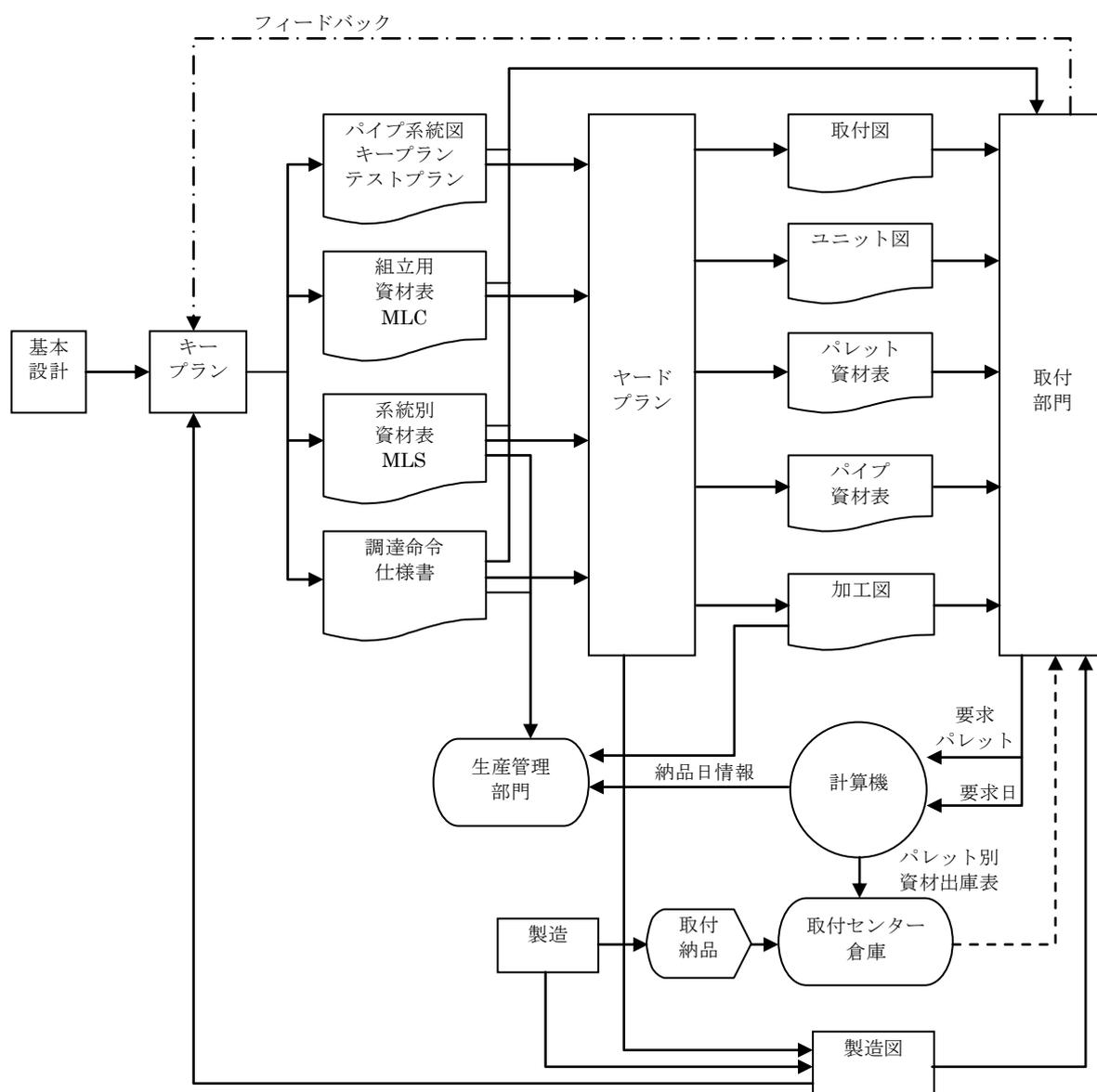



図 3－53　図面と資材の流れ

エンジニアリングデータは、搭載や進水後の生産段階においても、MLF や図面、試験法案といったドキュメンテーションの形で、船の建造の中で作成され続けて行く。生産の各段階の生産データは、ブロックや系統それぞれでの艤装活動において要求される。図 3-54 は各生産段階において要求されるデータの例を示している。

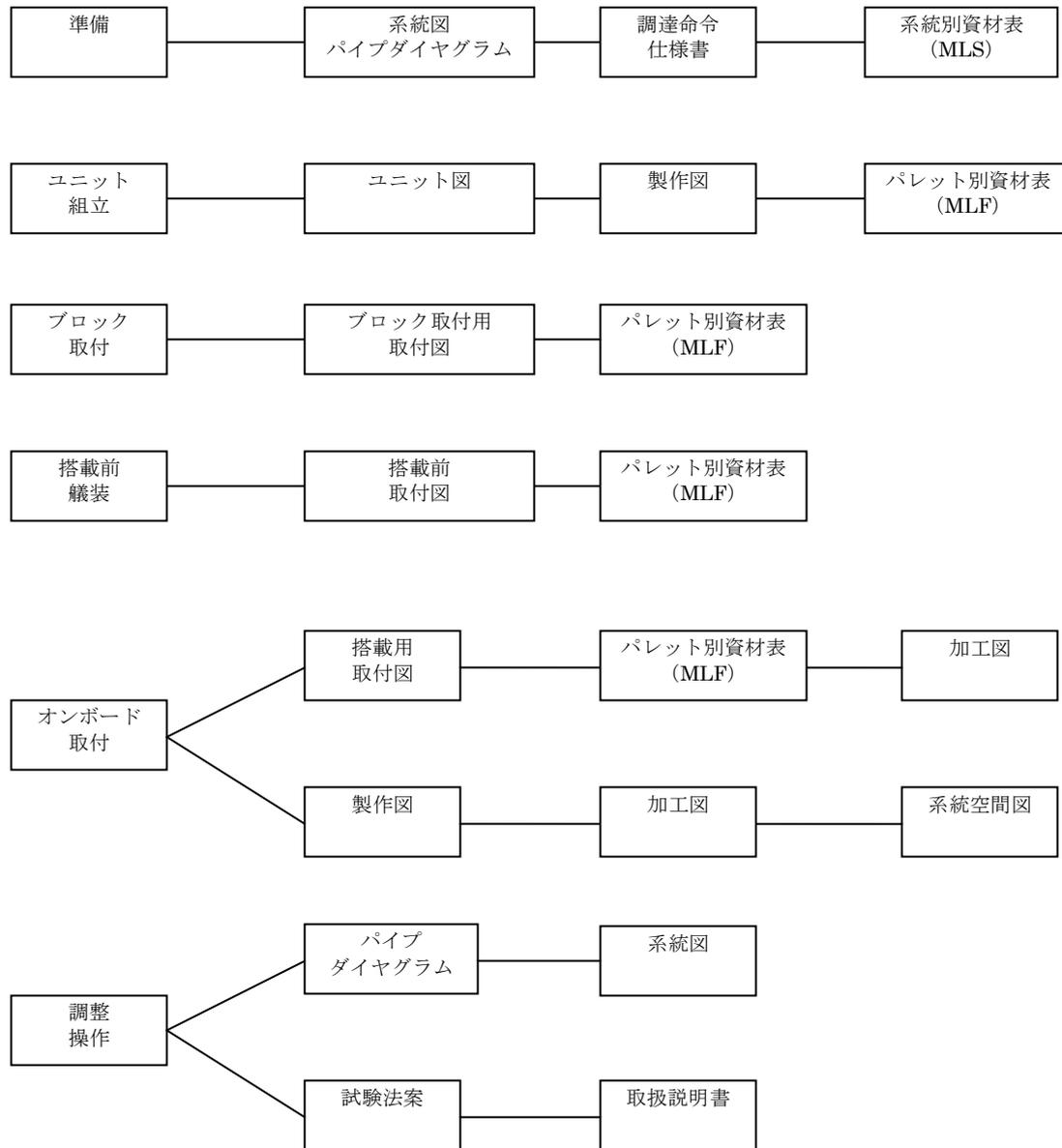



図 3－54　作業プロセスと図面の典型的なパターン

３．３．４．１　管工場（Pipe Shop）

艤装機器類の製造の分野で最も関係の深いものは、パイプの加工とパイプ小組に関するものである。前にも説明した通り、パイプ関係の行動の予定は、艤装機器類を船殻ブロックの特定の生産段階における取付作業場への供給にとって、非常に重要である。また、パイプの配管には様々な種類の部品類が存在する為、パイプ加工作業は遅れが無いように注意しなければならない。

パイプ加工プロセスにおいて十分に計画、実行するために、IHI ではパイプ加工管理システムを用いている。図 3-55 はこのシステムの基本部分を説明したものである。この図が示すように、加工されるパイプの材料と共に、予め管理された手法で、正確なエンジニアリングデータが管工場へと流れるように予定が組まれている。パイプが加工、曲げ、フランジ溶接され、特定のパレットへと仕分け可能な状態に仕上げられる。そしてパレット上の材料は、要求された時間に要求された艤装場所へと運ばれるのである。図 3-56 はこのプロセスを支援する為に必要となる、予定、表、図面を示している。

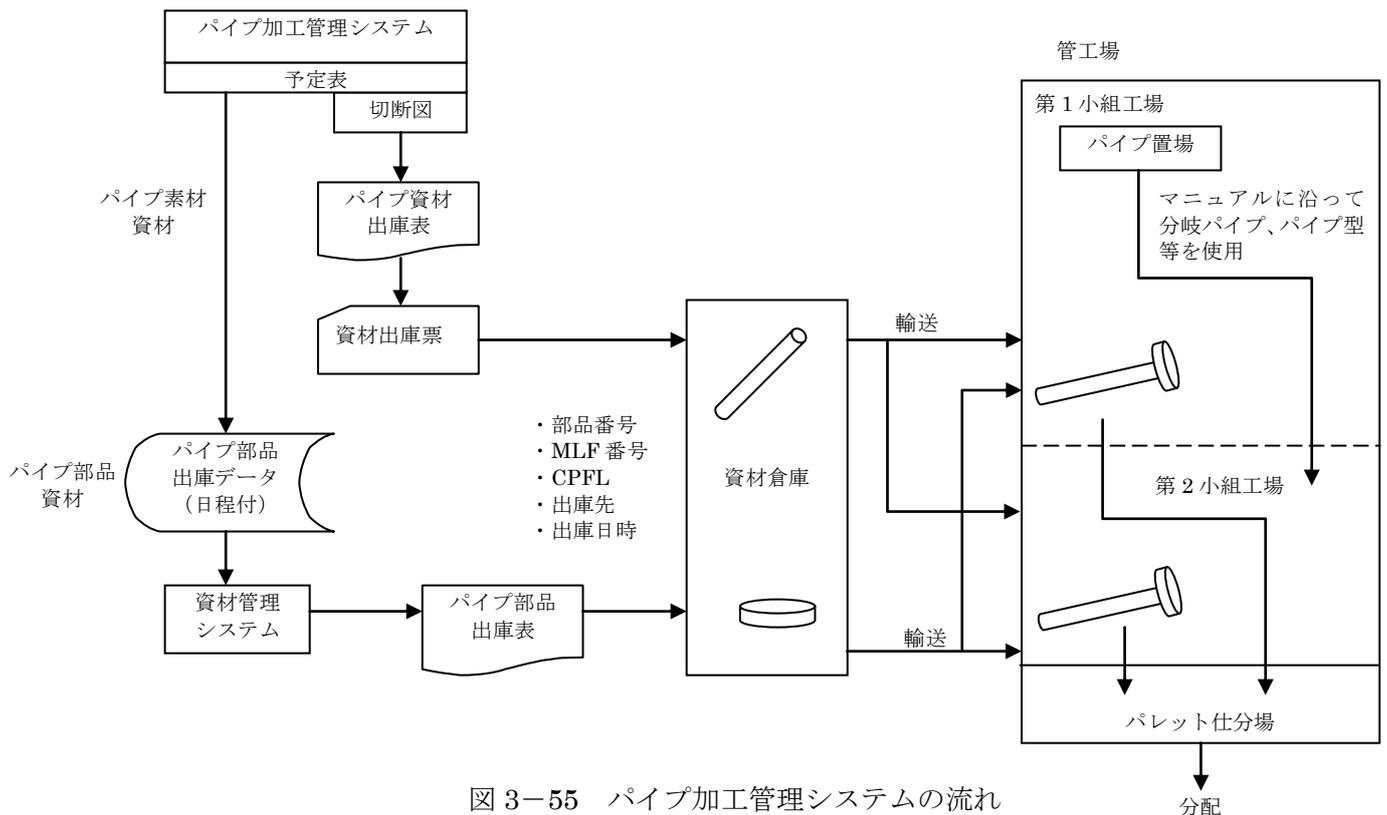



図 3－55　パイプ加工管理システムの流れ

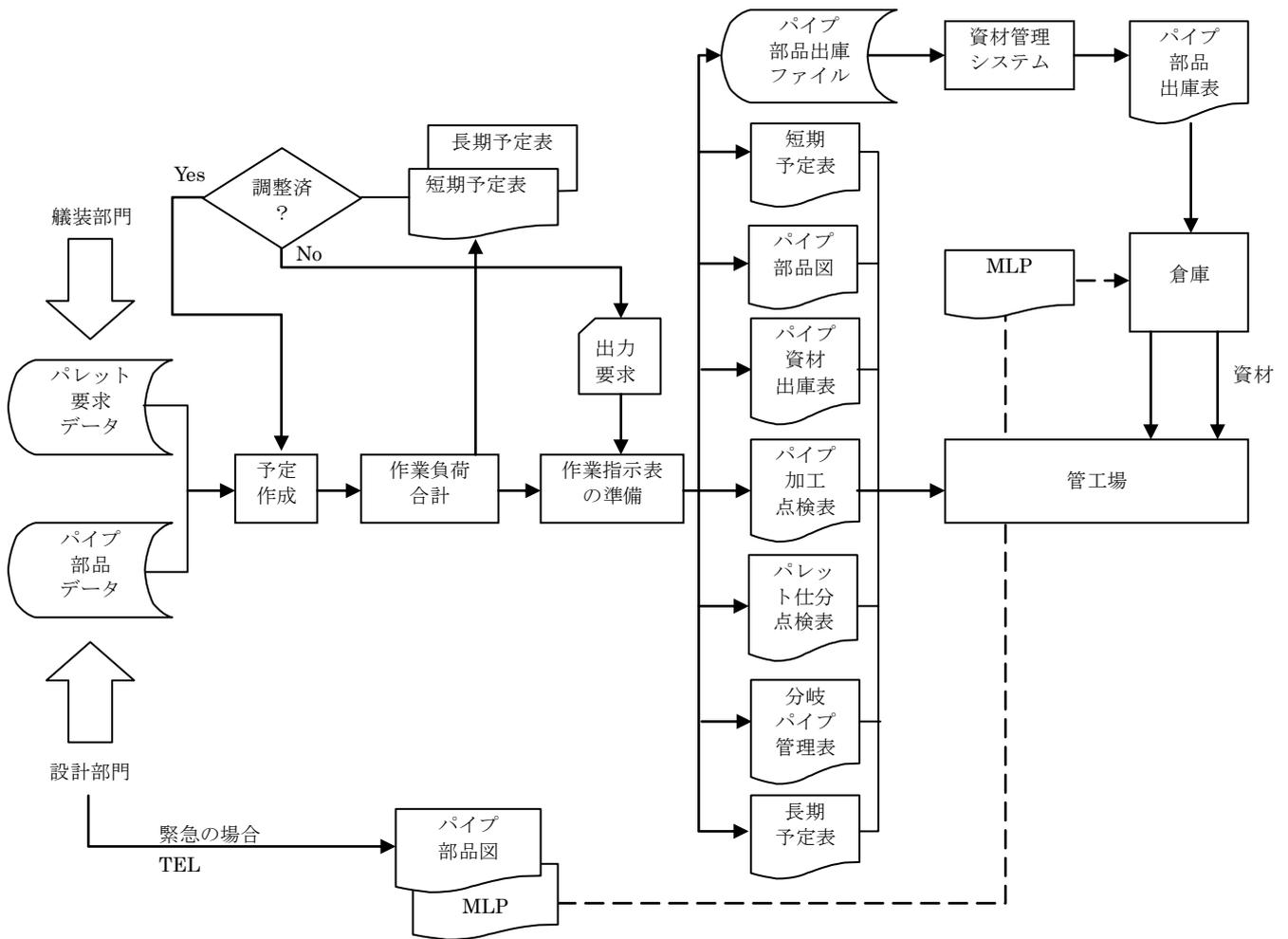



図３－56　パイプ加工管理プロセス

３．４　追加図面（Additional Planning）

これまで述べてきた船殻と艤装の作業計画は、設計と生産という観点でもって、船殻ブロックの製作や、そのブロックでの艤装、そしてブロック搭載とその後行われる船全体での艤装の為に必要な、工作図と作業予定表のセットへとまとめられる。ここでは、幾つかの種類の計画作業を省く事で、生産計画プロセスを分かり易く説明することにする。しかし、関連するものの全体像を理解するには、ここで省かれたものについても知っておかなければならない事には変わりない。

船殻ブロックを部品単位にまで分解する際に発生する計画と、艤装計画とを通して、品質管理エンジニアのスタッフが計画者や設計者を支援し、ブロックや小組、部品それぞれの要求精度を形式化する。品質管理エンジニアは、船の全ての製造物が最高の精度標準を

満たすように、重要な寸法や計測点に関する詳細データを作成する。それに加えて、部品の作り直しをしなくともミスを修正し、また小組、大組、搭載の様々な作業段階に近い時期に加工が行えるように、各製造段階に置いて付加的資材を提供する予定や手段を準備するのである。品質管理エンジニアはまた、生産や組立、搭載プロセスを通して、ブロックが最高の精度を保たせるために用いられる基準線（Base line、締切の方？）を設定する。加工プロセスにおけるプロセス標準の選択や適用もまた、品質管理エンジニアの所掌である。

　こうした品質計画の目的は、加工された部品や組み立てられた構成物が規定された標準を満たし、それによって再製作を生産プロセスを通じた資材の流れの中で無くすことにより、生産性を最大にすることである。高品質の達成により搭載段階における作業量を削減し、そして船全体が全ての品質標準を満たすもしくは超越し、そして設計仕様によって要求された正にその通りになることをを保証するのである。

　この品質管理計画の詳細は、次の 2 つの技術資料に書かれている：「Livingston's Final Report on Quality Assurance」、「Special Report on Accuracy Control Planning for Hull Construction」

　この他に、工場スタッフによって、搭載作業と搭載後の艤装作業を促進するための手法を詳細に示した図面がある。この図面は「野外計画（？Field Planning)」と呼ばれており、次のような種類の図面によって構成されている：

・工事穴図（船殻ブロック搭載時）
・船殻ブロックの排気・冷房計画図
・電力・ガス供給計画図
・手すり（stool）配置図
・作業用装置運搬計画図
・標準ブロック位置合わせ技術（？Standard shipwrighting techniques）
・船首部・船尾部のける初期曲がりを考慮した、軸芯合わせ維持管理計画図？
・タンク配置と試験計画図
・最終寸法チェック項目
・組立ピース取り外し要領

こうした図面の例は、添付資料 E に挙げておく。

４．　IHI の予定作成システム

４．１　概要

企画本部による引渡し予定表の作成作業から始まる。このスケジュールを生産管理スタッフが実行可能なように見直しを行い、建造線表（Ship Construction Master Schedule）を作成する。新しい建造計画は、必要な日程において施設と人員とを確保可能な条件下で建造線表に織り込まれる。この建造線表は、全てのスケジュールの基となるもので、絶対的で変更の効かないスケジュールである。

以下に予定表作成の関係図を示す。

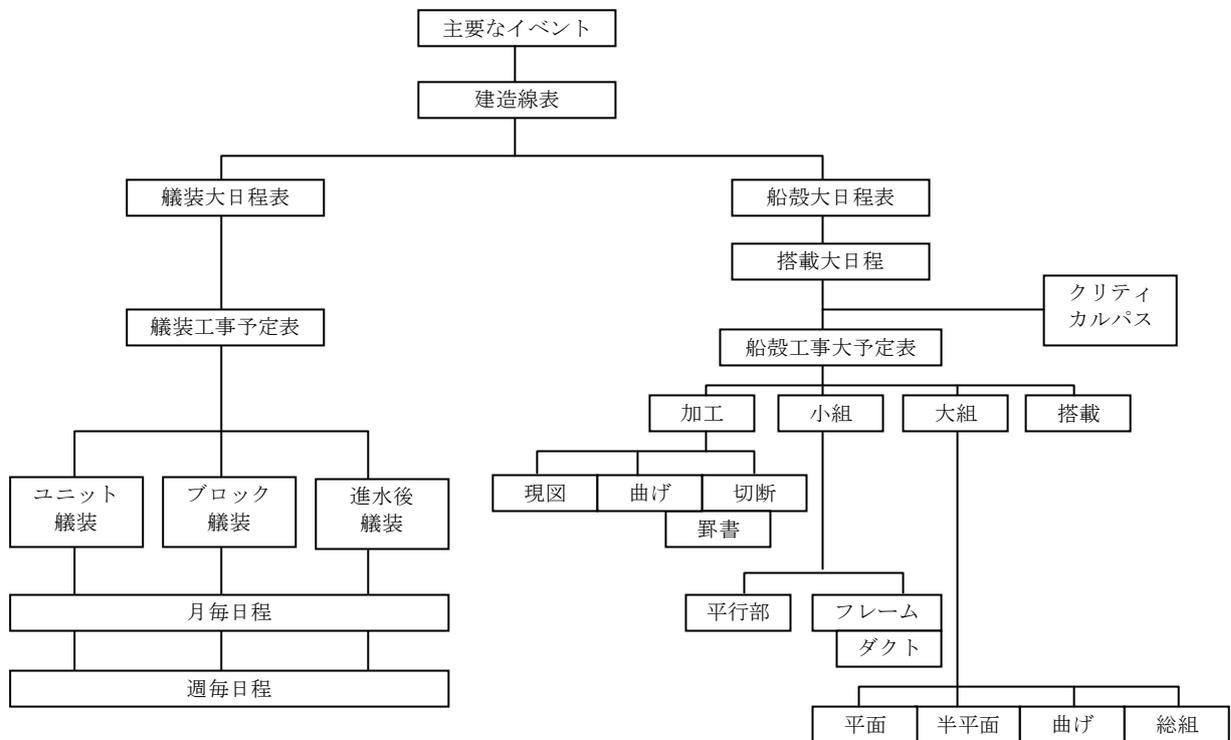



図 4-1　予定表の階層構造

船殻大日程表は、建造線表に、特定の船もしくはシリーズ船の、計画や加工開始、起工、進水、引渡し、更には主機搭載や時間のかかる外注といった重要な工程の期間を定めたものである。そしてこの大日程表を基にして、搭載大日程が作成される。

搭載大日程は、建造ドックでの組立を繋がりとして示したものである。幾つかの主要な区画（平行部、船首、船尾、居住区など）毎に予定が組まれ、それぞれの主要区画は幾つものブロックによって構成される。ブロック搭載後に行われる艤装作業の予定表は、この搭載大日程からスタートする事になる。ブロックの搭載と接合にかかる時間の計算には、

ある正確な標準セットが使用され、連続したブロックで積み上げられてゆく。
それぞれのブロックの搭載時間が決まる事で、組立予定表（Assembly Master Schedule）の作成が可能となる。艤装作業が可能なように搭載日から十分に時間を取りつつ、ブロック置き場の都合なども考慮しなければならない。
この組立予定表から、加工、小組、大組、総組の詳細な予定表が作成される。こうした詳細な予定表は、建造工場の生産計画グループが作成するが、作業を担当する責任者や各作業範囲で責任を持つ職長も予定表の作成に参加する。
それぞれのブロックに必要な素材の、ネスティングやマーキング、切断、曲げといった加工の詳細な作業に分解される。小組では、共通もしくは一般的な小組部材（ウェブなど）や、ダクトや主要フレーム部材などのより複雑な小組部材で、それぞれ予定が組まれる。
各ブロック毎に、詳細な組立予定が作成される。作業プロセスの流れが異なると、予定もそれに合わせたものにしなければならない。一般的に、平面ブロック（平面部の二重底等）、半平面ブロック（曲がり部の二重底等の、平面部材に曲面部材が合わさったようなブロック）、曲げもしくは曲面ブロック（船首や船尾部）、総組ブロック（搭載前に組み合わせるもの）がある。
搭載大日程から作成される予定としては、ブロック準備、ブロック輸送、ブロック置き場、ドックへの最終搭載予定とがある。
以上の全ての予定は、船殻の搭載作業をまず第一に考慮する。それと並行しつつ、次に一連の艤装予定表が建造線表と、関係するブロックの搭載予定とから作成される。
艤装工事大予定（Outfitting Milestone Schedule）から、艤装工事予定表（Outfittig Master Schedule）が管工場の生産管理グループのスタッフによって作成される。この予定表は、当然にその機器を搭載する船殻ブロックの組立予定表と時間的に一致していなければならない。主要な装備品の受け取りなどの項目についても、それが搭載されるブロックや中組の搭載が開始される前に収まる様に指示される。
艤装工事大予定表は艤装工事予定表の基となる。予定表は、もちろんのこと、（船殻）組立予定表と一致しなければならない。ユニット艤装の指示計画は、艤装や艤装範囲、機器単独や、艤装加工の段階で搭載をした方がより効率が良いかどうか、といった事を慎重に検討しつつ、作成しなければならない。
艤装工事予定表が一度作成されると、それに付随する予定が作成される。小組段階での組立艤装品（ユニット艤装）や、船殻ブロック内でのユニット艤装品や機器類の搭載予定、そしてブロック搭載後に艤装される他の組立艤装品や機器類の予定が、その後の予定を実行する為に完了すべく、調整される。こうした作業予定は、月単位、週単位でフォローされる。こうした週毎の予定表は毎日の艤装活動の為の作業、人員、時間を上げる事で、精度を上げている。
このように、予定を階層構造として詳細化して行く事で、船殻と艤装の予定をお互いに連続し、また上流の予定とも一致したものとして作成することができる。建造線表は通常、

トラブルに対応する為の予備日程を 2 週間程しかもっていない。これは、予定表を作成する各階層の人々が慎重に、広範囲を考慮しつつ立案し、また一度作成した予定を守る事を、全員が同意していることを示している。超過時間は予定表の位置を維持する為に使用を許可されるが、超過時間が意図的に予定に含まれていない限り、余程差し迫った場合にしか使用を許可されないのである。

４．２　建造線表（Ship Construction Master Schedule）

建造線表は、造船所が持つ全ての建造予定を織り込んだ、大元となる予定表である。造船所で新しい船の建造が決まると、企画本部が決定した引渡予定を満たし、かつ、その造船所全体の建造予定表に合うように、建造線が追加される。造船所の生産管理グループは、造船所の施設と労働力から求められる時間当たりの処理量をベースにした月単位の必要作業量の評価を行うことで、この建造線表の作成に参加している。造船所全体の建造予定内のある時間範囲内にて作業力を確保可能かどうか評価され、建造に十分な作業力を得られるように調整される。

ある時間範囲を確保する為には、特に作業の山が立っている場合には、多くの事を考慮しなければならなくなる。図 4-2 は建造線表を作成するフローを示している。また図 4-3 は建造線表の一例である。

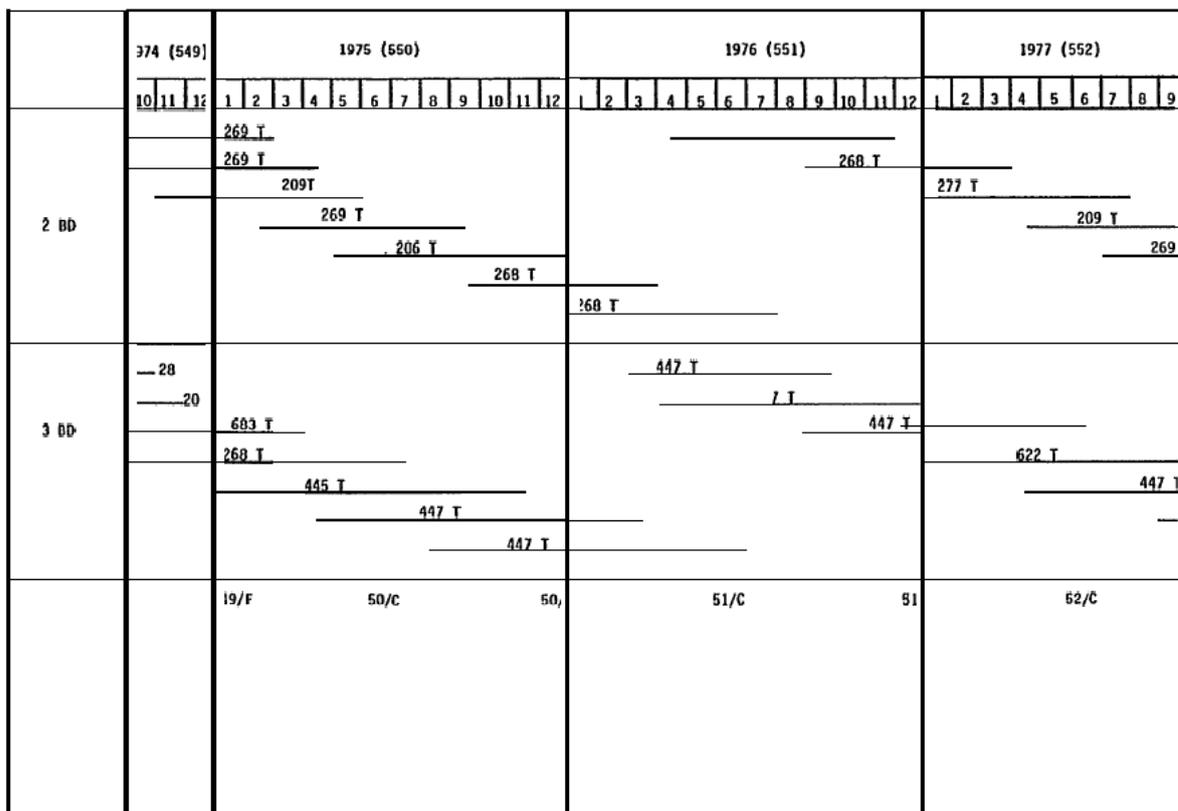



図 4－3　建造線表の例

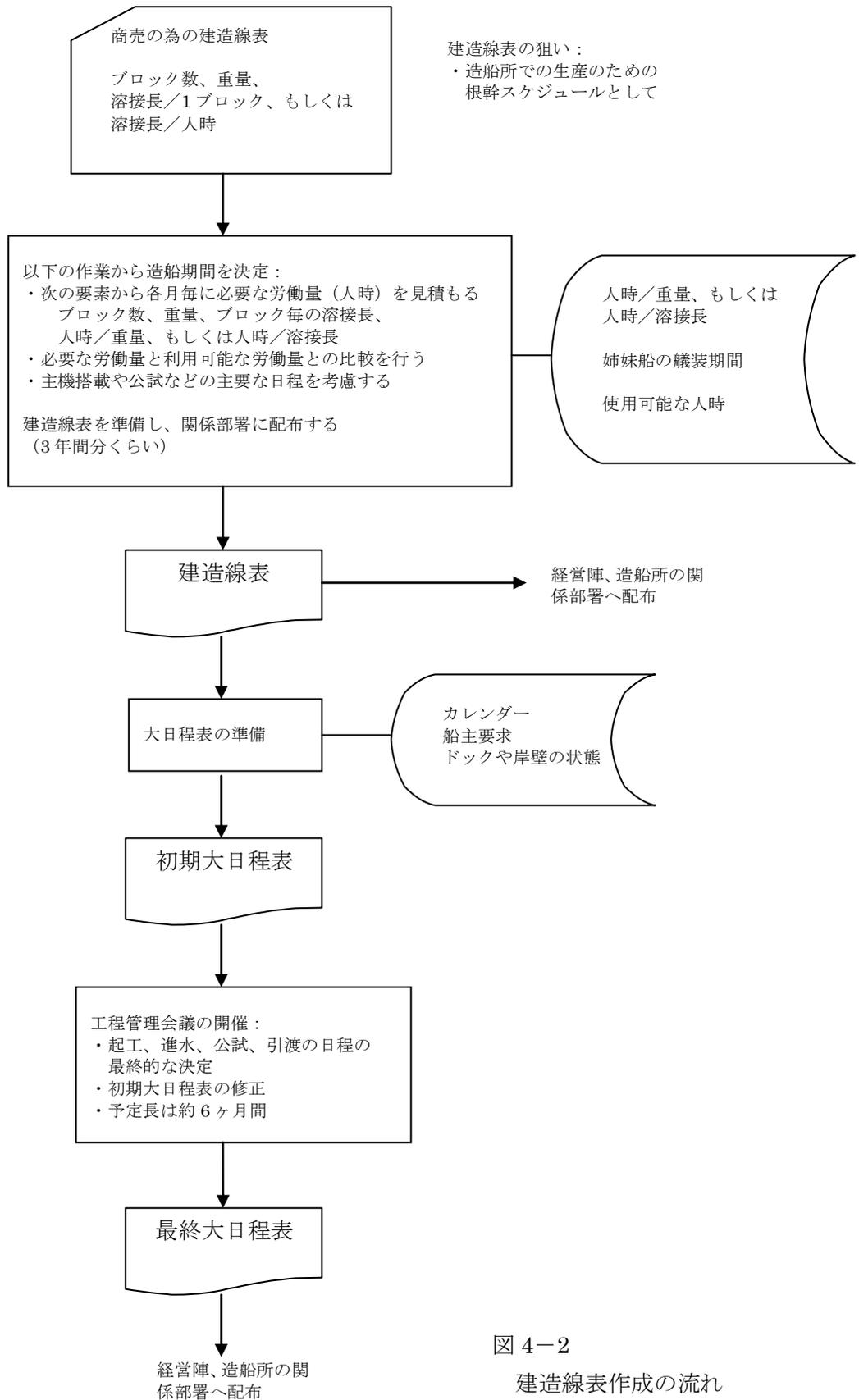



図 4－2
建造線表作成の流れ

４．３　大日程表（Major Milestone Schedule）

図４－２では、建造線表の延長線としての、大日程表の作成過程も書かれている。このように併せて予定を決定する事は、建造中の主要接点を考慮することで、どちらの予定表をもより良くする為に必要である。主要接点には、起工や進水、公試、引渡だけでなく、主機搭載や重要購入品の受領といったものも含まれる。建造線表も大日程も、造船所での作業の総量に依存して単純なものにも、また必要な予定項目を明確に描く必要があれば精密なものにもすることが可能である。

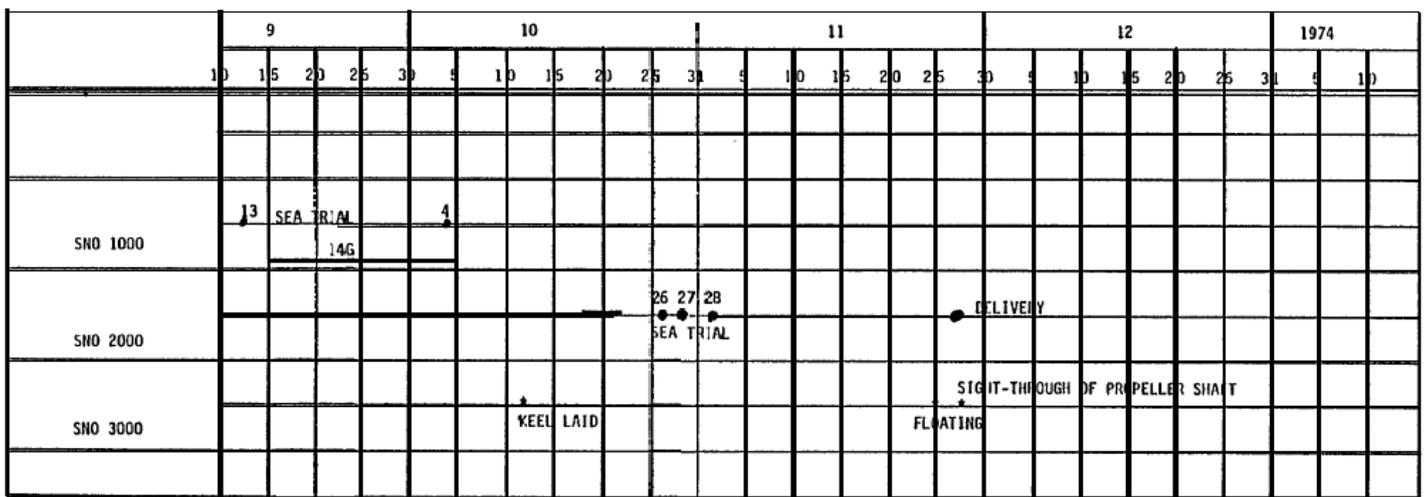



図４－４　大日程の例

４．４　搭載大日程（Erection Master Schedule）

搭載大日程は、作業予定表として最初に作成されるものであり、各ブロック毎の搭載時期を示したものである。一般にブロック搭載は船体中央部の船底部（機関室の直ぐ前）から始められる。

この搭載大日程からブロックの完成要求時期が判明する。完成したブロックは、余剰ブロック置き場か、ドック横のブロック置き場に置かれているか、もしくはブロックが完成したそのままドックへと直送される。その為、搭載大日程は次の事を考慮しなければならない：

（１）明確な搭載順序

（２）搭載プロセス

（3）ブロック組立工場の生産能力

（4）ブロック置き場の広さ

（5）クレーン能力

（6）艤装工場や塗装工場の能力

（7）搭載部門の能力

この予定表を作成する目的は、以上のような要素間のバランスをとりつつ、全体の建造予定期間内に収まる搭載順序と搭載予定とを求める事である。図４－５は搭載大日程の例である。

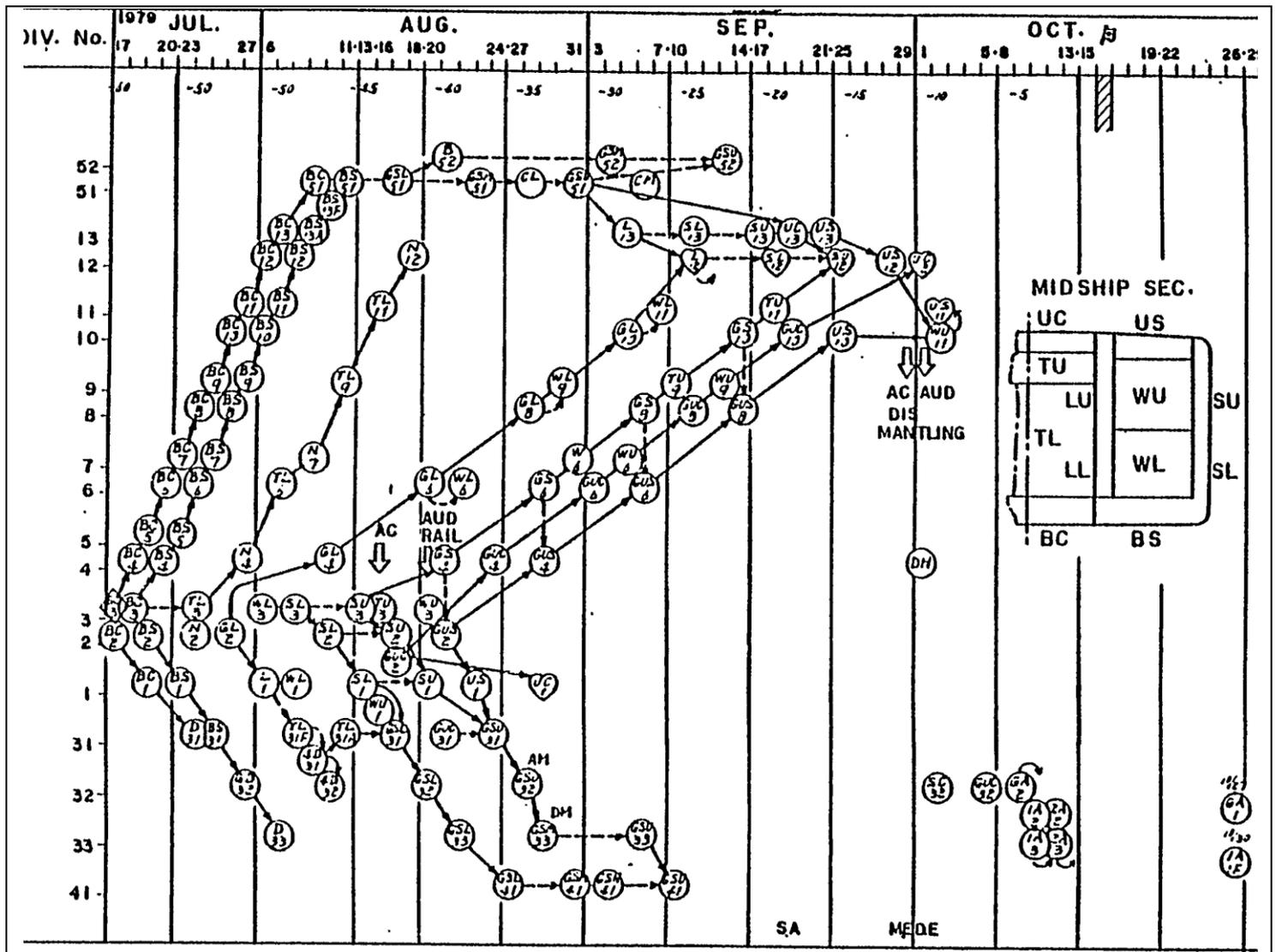



図４－５　搭載大日程の例

４．５　組立大日程（Assembly Master Schedule）

ブロック毎での必要な組立工程時間を明確にする。ブロックの種類によって異なる製作に必要な加工プロセスの種類により、以下の 4 つに分類される：

・平面ブロック（平行部の二重底等）
・半平面ブロック（平行部のサイド部など、曲面部を含みつつも多くが平面部材）
・曲面ブロック（船首、船尾ブロック）
・総組ブロック（搭載前に合体を行うもの）

上記の分類に整理した後、最遅完成予定を次のような計算式が成り立つように決定して行く。

組立完成日時　＝　搭載日時　－　塗装、艤装、反転、総組の追加工事に必要な日数

搭載前の追加工事に必要な日数は、図 4－6 のように標準化されている。

ブロックタイプ	追加工事無し	塗装有り	艤装有り	反転有り	総組有り
平面ブロック	2	4	4	6	8
半平面ブロック	3	5	5-10	8	0-20
曲面ブロック		5	5-10		5-20
総組ブロック		6	5-10	10	

図 4－6　追加工事に必要な日数

各ブロックにおける最遅完成日時が決定されると、以下に挙げるような幾つかの標準により、組立工場での作業がスムーズに、かつ山積みが限界内に収まるように、組立場所と作業フローとが決定される。

（1）ブロック毎に必要な組立日数の決定
（2）ブロック毎に必要な組立定盤の広さ
（3）組立定盤（もしくは組立レーン：ベルトコンベアの場合）の作業能力
（4）組立定盤毎の最適な作業員数
（5）ブロックの状態での搭載が必要な艤装
（6）必要となる塗装
（7）必要となるブロック置き場
（8）構造的に似たブロックの流れ

以上のような事をブロック毎に、ブロックタイプ別に考慮し、予定表を作成して行く。そして作業だけでなく素材や部品の流れもスムーズとなり、かつ、ブロック置き場に多くのブロックが置かれている状態にならないように調整する。

異なったブロックタイプ毎の組立に必要な作業日数は造船所で標準化されている（図 4－7）。そしてそれぞれに必要な作業量は、ブロックで必要な溶接作業を標準化したものから計算される。組立定盤における月当たりの溶接量はグラフにまとめられ、組立定盤の推定能力と比較される。もしも予定作業量が推定能力を超えてしまったら、他の組立定盤に作業を馴らすか、下請けに出すか、もしくは極端な場合には搭載大日程の見直しを行わなければならない。図 4－8 はある組立定盤における、推定能力と組立予定案とを比較したものである。また図 4－9 は完成した組立大日程の例である。

部分	ブロック種類	組立日数	総組日数
船首部	曲面外板	8	
	半平面	7	
	総組		15-20
平行部	底部	7	7-10
	外板	7	7-10
	ビルジ部	7	10-15
	隔壁	6	
	ロンジ隔壁	6	
	デッキ	6	10
機関部	主機基部	8	10-20
	曲面外板	8	
	半平面	7	
船尾部	曲面外板	8	
	半平面	7	
	総組		15-20

図 4－7　船殻構造の種類における、必要な組立日数

図４−８　組立予定表の比較

A）組立能力、B）組立予定、C）前船での組立実績

図４−９　組立大日程の例

４．６　詳細作業予定（Sub-schedule）

組立工程表に含まれる情報を使い、船殻工場のエンジニアは加工、組立、搭載のそれぞれの下位作業の詳細予定表を作成する。ここでは、生産段階のそれぞれで全体的なスケジュールを作成するというよりも、むしろ、組立工程表で必要とされる組立日時に間に合うように、現図やネスティング、マーキング、切断、曲げ、小組といった作業の詳細予定を作成している。

一般的には、搭載の詳細作業予定から組立、小組の詳細作業予定の順に作成して行くが、山積みや、生産工程の平準化、そして中途品の置き場といったことを検討しなければならない為、こうした詳細作業予定同士で調整を行いながらの作業となる。この全ての詳細作業予定が、あたかも一つの予定表のセットとして動くことで、全体の生産プロセスが最初から最後まで上手く回る事が可能となる。

４．６．１　加工工程計画（加工前の部品加工一般、Fabrication Sub-schedule）

詳細作業予定は、加工の各作業毎に作成されるが、これは 1 隻の船に必要な全ての部品や加工を網羅している。例えばネスティングに必要な作業の全ては一つの詳細作業予定でカバーされており、マーキング等も同様である。これらの予定表は、より単純な内容物と比べて多くの内容物を持つ作業の場合、より長い時間を考慮して形成される。つまり、単純に切断だけで生成される部品よりも、機械的な加工が必要だったり、曲げが必要とされる部品の方が、より長い予定が必要とされるのである。こうして、より時間のかかる部品は単純な部品よりも早く生産を開始し、ブロックの小組や大組の作業に間に合うようになっている。

４．６．１．１　現図（Mold Loft）工程計画

現図予定はブロック単位で作成される。1 日毎に、どのブロックの現図作業を行うかが定義されている。ネスティングに必要なものは工作図（working drawings）内に書かれており、この要求物と 1 日毎の予定から、生産計画グループが予定を作成して行く。

現図の精度は、それに続く作業である加工と組立にとって致命的なものとなっている。なぜならば、現図作成時の間違いが、加工や組立になって初めて認識される事が多いからである。また現図の作成は、加工作業のペースを左右する活動であり、慎重に正確に現図予定を作成する事は、加工作業向上でのスムーズな素材供給にとって重要となる。図 4－10 は現図の予定表の例である。

COMPLETION OF PARTS DATA		12/26	27	28	12/29	5	6	7	9	10	11	12	13	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	30	31	2/1
COMPLETION OF MASTER DWG		1/6	7	9	10	11	12	13	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	30	31	2/1	2	3	6	7	8
COMPLETION OF D.D.A.		12	13	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	30	31	2/1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15
ASSEMBLY START		2/1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	27	28	3/1	2	3	6	7
		G54		G55						(C)		(D)														
	2W	U2		U3		U4		U6		G57		G56		1W												
1/9	1A				GSU3	+32(C.T.)																				
	2A			D7-S				GD7																		
S2638	3A			B51	GD4	GD6			GD5								GG54			F57						
					F4			T6					F4-D	T4		T6-D	T6			207	U7					
	P/C									GSL51		GGSU57														
	2W					G52		G53		G54		G55														
1/8									U2		U3				(C)		U4	U6								
	1W	G51	(D)												G57		G56	(D)								
S2663	1A	GD5					GD6			W51					GSU31	+32									GG54	

図 4－10　現図予定表の例

4．6．1．2　マーキング、切断、曲げの工程計画

これらの詳細作業予定は、加工工場内の異なったプロセスレーン毎に作成される。基本的には、異なった種類の鋼材を処理する 4 通りのプロセスレーンが存在する。

（1）NC マシンもしくは手切りでの小部材の切断レーン（内構造部材など）

（2）フレームプレーナーを使用した、外板もしくは板材の切断レーン

（3）型鋼などの切断と曲げのレーン

（4）曲面部材用の、板曲げレーン

こうした作業レーンでは、それぞれに対してマーキングと切断作業の独立した予定表が要求される。曲げ作業の予定表は、曲げが必要なレーンでのみ作成される。

これらの下位作業の予定表は、小組や大組で必要な内容物の究極的に必要な日時に基づいて作成される。曲げが必要な部品は、単純な部品と比べてより長い時間を準備する。開先加工が必要なもの等の加工時間が多く必要な特殊な部材は、作業フローを乱す要因となるので別にし、なるべく似通った部材を集めて作業を行う事で、生産性を最大にする。図 4－11 と図 4－13 はマーキングと切断、曲げの予定表の例である。

E.P.M.	11/18	21	23	24	25	26	29	30	12/1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23
CUT COMPLETE	11/22	24	25	28	29	30	12/1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27
ASSY START / ASSY	12/1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	1/2	6	7	9
2W								13																	
		D4	D5		L2	L6	D4	3	L4	L6	D6	L5			L7						S2	D7	S3	U2	S4
		5	5		3 3	4	4	D5 8	3 3	4	9	1 4			4 4						4	2	8	2	8
(FO-6) 2612								4																	
							L7							S2											
	D3		L6	L5	4		4 4		D5	4				4 4		S3	U2	S4	S5	U3	S26		U41	L1	5
	5	3	4 4	4 4	D4	4	D6		5	D7	9					8	2	8	2 6	2			7	3 3	5
(FO-7) 2642					5					2				4											
														D2		L1	D3	D2	D1	D4	L2		D5	L3	D6
														3		3 3	3	4	3	5	3 3	4	5	3 3	4
(FO-8) 2637																									
		S10		S10			I													L5					
		S4		S5			L1				D1		D2	L2	D3	L3	L41		L7	4 4					

図 4－11　マーキング＆切断工程計画の例

E.P.M. & CUT	10/26	27	28	31	1/1	2	4	5	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	24	25	28	29	30
BENDING COMP. / ASSY	10/31	11/1	2	4	5	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	24	25	28	29	30	12/1	2	5
2W																									
1W													S11				S42			S37					
(FT-6)		S1	Block Code										S7				S1			S1			S6		
		(8)	Parts Quantity										(8)				(8)			(8)			(8)		
2612		NC	Numerical Cutting										2 2				NC			NC			NC		
										S51						S51	S51				S51	S51			
(FT-10)	SL31	SL32	SU31	SU32						SL31	SL32	SU31	SU32												
	(1)	(6)	(4)	(4)	(5)	(3)				(4)	(6)	(4)	(4)	(2)	(2)	(5)	(3)				(2)	(2)			
2643	NC	NC	NC	NC	5	3				NC	NC	NC	NC	8	2	5	3				2	2			

図 4－13　曲げ工程計画の例

４．６．１．３　小組（Sub-assembly）工程計画

ブロック組立計画を作成する際に、ブロックを分割して行く事で、それぞれのブロックで必要となる小組が識別される。この情報と組立工程予定表から、現場責任者はブロック毎の小組予定表を作成する。

小組を挟む事で、色々な場所で、またより簡単に、管理された手法で、より滑らかな組立を行う事ができるようになる。

鋼材部品の小組は、加工作業レーンの終端で行われる。小組作業がスムーズに流れるようにする為に、必要となる全ての部材の加工が小組作業に合わせて完了するように、加工の予定表を作成する。それと同様に、大組作業がスムーズに行われるように小組の予定表を作成する。

小組日程予定を作成する際に重要な事は、小組の種類に応じて間に合うように、素材を流す事である。しかしブロックの大組を支援する別の種類の小組のスケジュールの要求では、この調整は難しくなるため、常時可能なわけではない。

４．６．１．４　大組（組立、Assembly）工程計画

大組の詳細作業予定は、平面や曲面といったブロックの種類、組立場所、組立前作業別に作成される。ブロック組立計画（Block Assembly Plans）、組立仕様図（Assembly Specification Plans）、そして組立大予定（Assembly Master Schedule）は、こうした下位予定を基にして作成する。

大組工程は、以下のような詳細作業に分けられる：

・骨付き板の組立と溶接
・梁部材、ウェブ、その他の内構部材の組立と溶接
・（小組した）梁部材、ウェブ材のベース板への取付と溶接
・組立部材の反転
・溶接の完了、仕上げ
・梁部材、吊ピースや足場、艤装品、パイプなどの取付
・塗装

以上のような作業は、大組毎に詳細化された作業予定が作成される。生産計画グループのスタッフは、ブロック組立での仕事量を示している、各ブロックの全体での溶接線長を基にして詳細作業予定を作成する。ブロックの組立開始後の重量物運搬で必要となるクレーンの仕様については特に、慎重に予定を組まなければならない。

組立予定では、船台での搭載前のブロックの仮置きについても考慮する必要がある。IHIの工場では空間は常に貴重であり、大きなブロックの置き場は重大な問題になりかねず、その結果、過大な運搬能力が必要となったり、時間通りにブロックを動かせなくなる事で組立工程のスローダウンを行わなければならなくなる。理想は、仕上がったブロックを直接船台に移動し直ぐに搭載することであるが、それを実現する為には、組立と搭載のどちらかの予定を多く取らなければならなくなる。その為、搭載が開始されるまで、完成ブロックの多くを定盤上やブロック置き場に置くことになる。それにより、ブロックの完成から搭載までに十分な余裕を与えられる事になり、船台脇に移動したブロックを直ぐに搭載することが可能になる。この手法により、ブロックの組立からブロックの搭載に至るまでの作業を、スムーズに行う事が可能になっている。

４．６．１．５　搭載（Erection）工程計画

組立工程と同様に、搭載工程も以下のような詳細工程に分ける事ができる：

- ブロック搭載
- ブロック据付位置の調整（？Shipwrighting）
- 足場組立
- 主要構造位置合わせ（Main Structure Fitting）
- 主要構造溶接
- 一般部材置合わせ（Sub-Structure Fitting）
- 一般部材溶接
- 清掃
- 内部目視検査
- 足場撤去
- タンク水密試験
- 完成

搭載は、区画もしくは、カーゴホールドの場合だと独立したタンクやホールドの単位で行われる。

搭載の詳細作業予定は、搭載計画（Erection Master Schedule）と協調し、それぞれのブロックの搭載準備、搭載、合体、もしくは搭載前の合体といった段階へと詳細化することで作成される。

搭載作業での各段階における位置合わせと溶接の作業量を計算し、それを加えて行くことで、要求された作業を終了するまでに許容された大まかな日数を求める。その船台での

進水日と、その次の船の起工日とに一致して、初めて予定が完成するのである。

搭載用の足場を取り外す予定は、検査の予定と最終塗装の予定のどちらもに密接に関係している。

小組、大組、搭載の予定表の例を、別紙Fに挙げる（この資料では見つからず）。

4．7　艤装工程

船殻工場で作成される一連の予定表とは並行し、艤装機器類の調達や加工、組立、据え付けを考慮しつつ、艤装予定表が作成される。予定表は船殻工事の小組、大組、搭載といった各種の生産段階のそれと一致している。艤装予定は船殻ブロックの完成に大きな影響を与えており、建造のワークフローを邪魔しないように注意して作成しなければならない。

作成される艤装予定表には、艤装大日程（Outfitting Milestone Schedule）、艤装工事大予定（Outfitting Master Schedule）、ユニット艤装計画、ブロック艤装計画、船内艤装計画、そして月別と週別の工場予定とがある。図4－14は、艤装予定表の構造を示している。

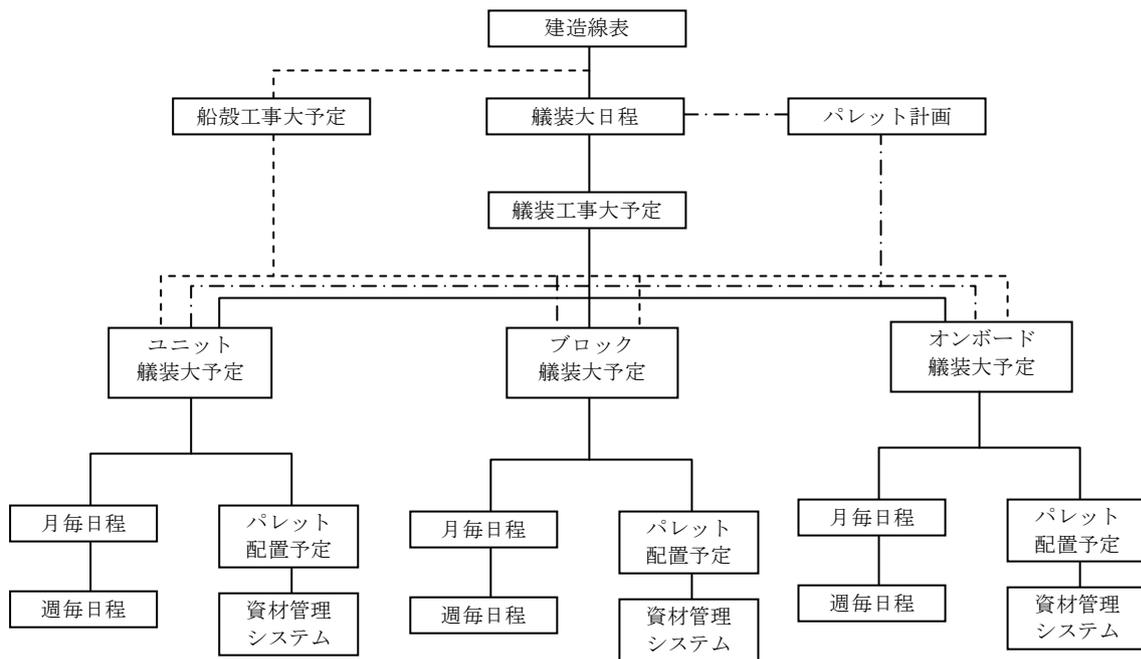



図4－14　艤装予定システム（IHI）

４．７．１　艤装大日程（Outfitting Milestone Schedule）

この予定表の目的は、主要な艤装要求と、同じく主要な船殻工事や塗装作業との調整を行うことである。表 4-1 は、この予定表で扱われる主要な工事節点を示したものである。

起工	主機搭載	主缶搭載※
居住区	船首楼	軸芯、プロペラ
進水	主缶入火※	発電開始
デッキ最終塗装開始	工事機器搭載	舵用サイドスラスタ
工事機器陸揚げ	主機ケース搭載	陸電から切換え
ガス注入、ファン開始	離岸	排水量計算
公試		

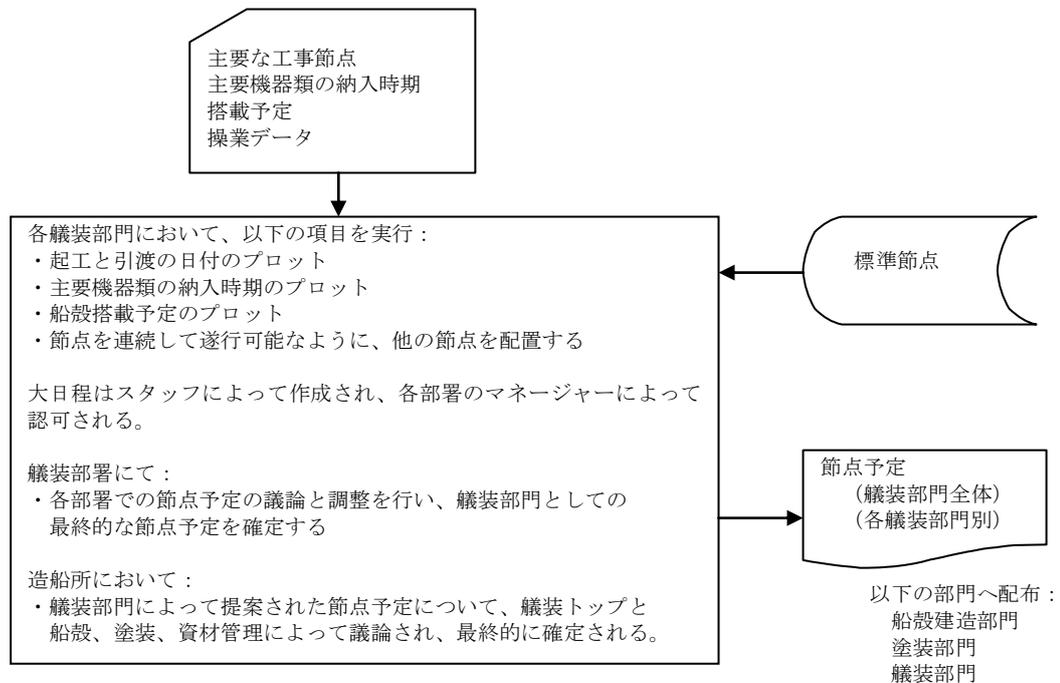
表 4－1　典型的な工事節点（※蒸気タービン船のみ、現在は無い）

この予定表は取付工場（Fitting Workshop）の生産計画グループが、船殻側のスタッフと調整を行いつつ作成する。取付工場の各マネージャーがそれぞれ関係する工事節点の予定を認可し、そして船殻工事と塗装のマネジャー達によってチェック、認可される。

図 4－15 は艤装大日程と、その作成と配布に必要な情報の作成過程を示したものであり、図 4－16 は艤装大日程の例である。

図 4－15　艤装大日程の作成の流れ

	Week (start)	Activity
	1	KEEL LAY
	21	SHIFT
	41	LAUNCHING
	21	FINAL SIGHT THROUGH
	41	SHORE POWER SUPPLIES
	1	*______PILING UP OF M/F R/G SHAFT
	17	PREPARATION FOR BORING
	5	*PRELIMINARY SIGHT THROUGH
	19	FITTING BORING BAR
	29	FITTING CPP KEY LINER INSERT
SHAFTING	21	SHIFT
	21	FINAL SIGHT THROUGH
	31	SHAFT ALIGNMENT
	21	BORING
	29	CONNECTING SKF COUPLING
	33	SEAL LEAK TEST

図4－16　艤装大日程の例

４．７．２　艤装工事大日程（Outfitting Master Schedule）

艤装大日程と搭載予定、組立大日程に書かれている工事節点を基にして、艤装工事大日程を作成する。この日程の目的は、艤装小組の製造、艤装小組品と他の艤装機器類のブロック艤装もしくは船内艤装（ブロック搭載後での艤装）での取付についての、艤装工場の日程を作成する事である。この日程は艤装大日程で予め組まれた工事節点を織り込み、各作業に必要な日時を積み上げてゆく。そして作成された日程で艤装作業を遂行する為に必要な作業者数が確保可能かどうかが調査され、作業処理能力が不足した場合には、その分だけ日程が前倒しされる。

この日程を実行した時に、取付グループの全ての作業場所において何らかの作業が効率良く進められるようにするために、各グループのマネージャーは、自分のグループの作業日程を確認、決定する。図 4－17 はこの日程を作成する際のフローを、図 4－18 は完成した艤装工事大日程の例を示している。

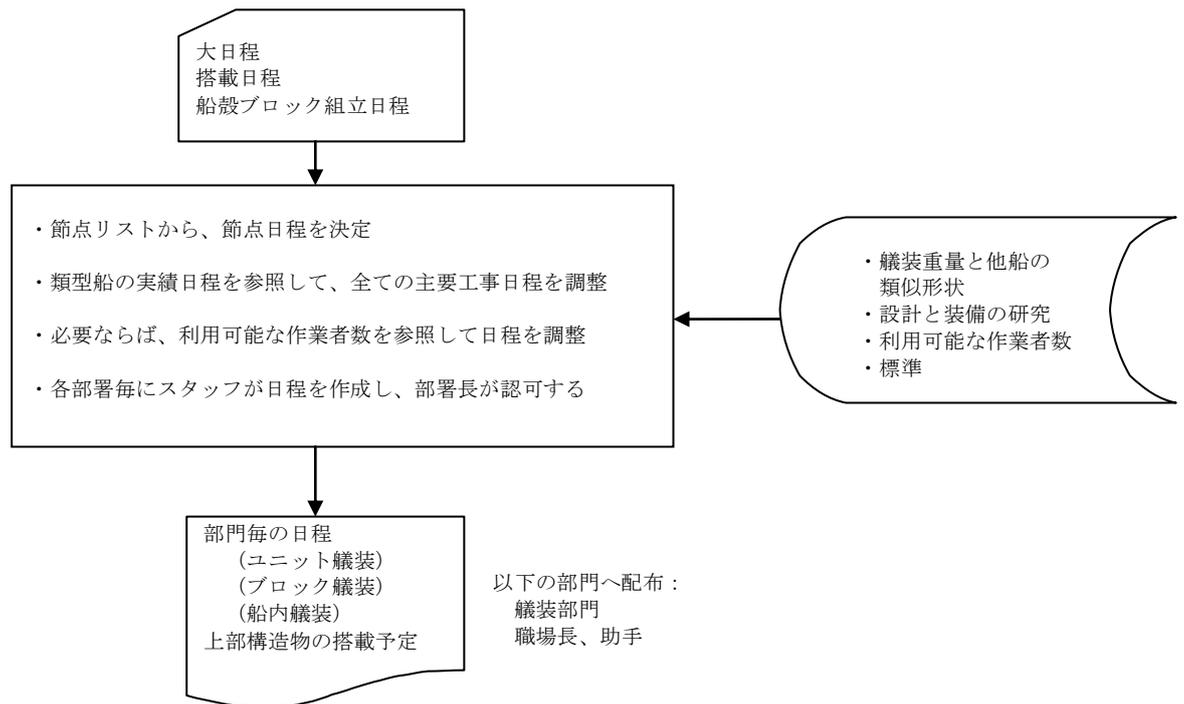



図 4－17　艤装工事大日程の作成

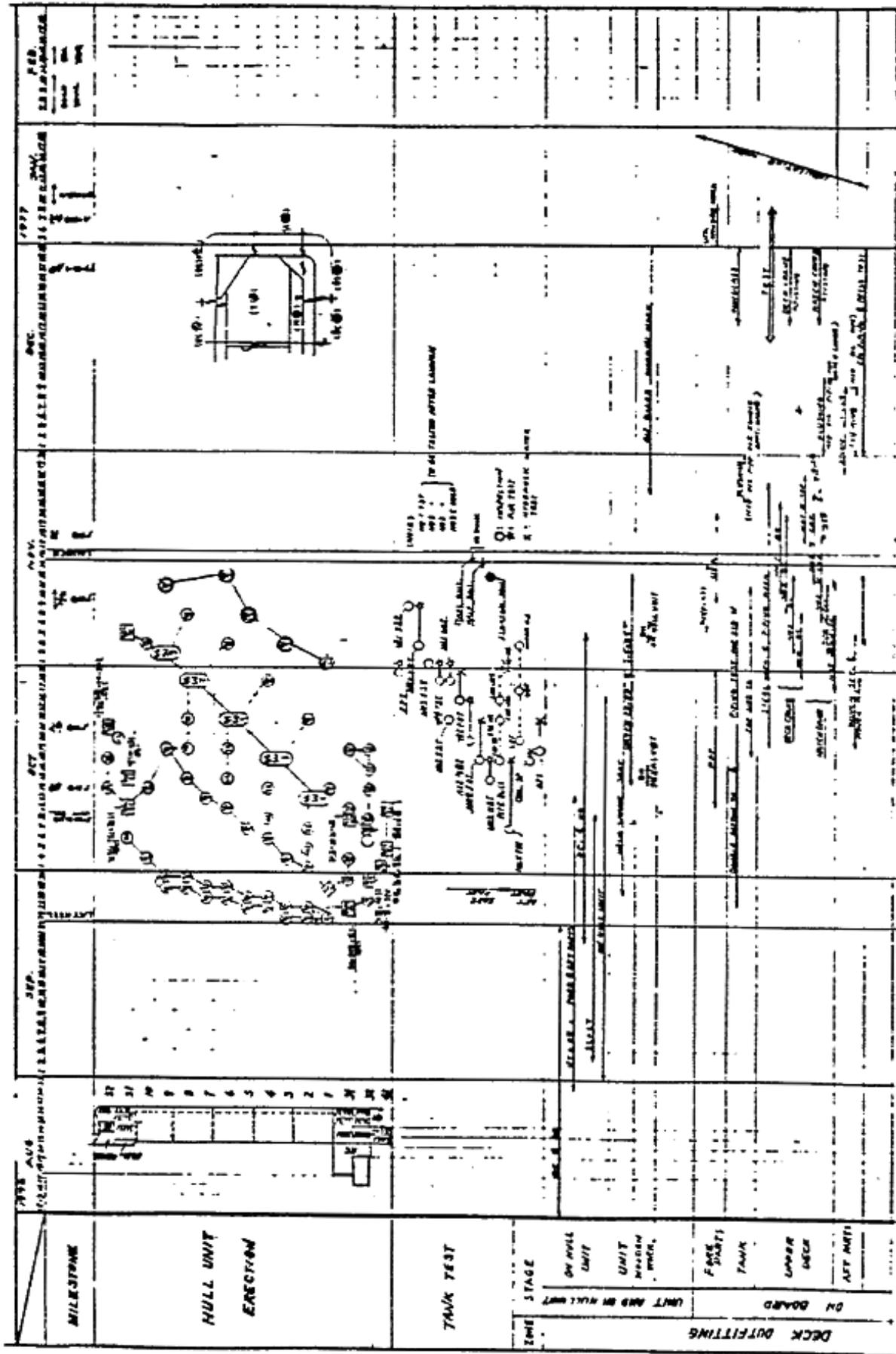



図４−18　完成した艤装工事大日程の例

４．７．３　ユニット艤装、ブロック艤装、船内艤装の大日程

艤装工事大日程を、ユニット艤装、ブロック艤装、船内艤装といった明確で具体的な作業日程へと落とし込んで行く。この各艤装段階における日程は、艤装部門のマネージャーが自分の担当部門におけるより詳細な日程作成に利用される。

４．７．４　作業日程（Working Schedule）

担当部門マネージャーは自分達の部門で為される独立した作業を管理し、またリソース（人員、施設等）を配分する為に、2 種類の日程を作成する。一つは「月別」日程表で、翌々月までの 3 カ月間に含まれる実際の作業についてのまとめられている。この日程表により、完了させなければならない作業や、その作業の為に必要なパレットの発注締切、取付の為の配員日程を明確にして行く。この月別日程表は取付スタッフによって作成されるが、最終的には取付場所を受け持つ職長によって使用され、またこれは能率管理図としての役目も持ち、各月の進捗状況を計り、その翌月の日程で調整が為される。図 4－19 はこの月別日程を作成する作業フローである。

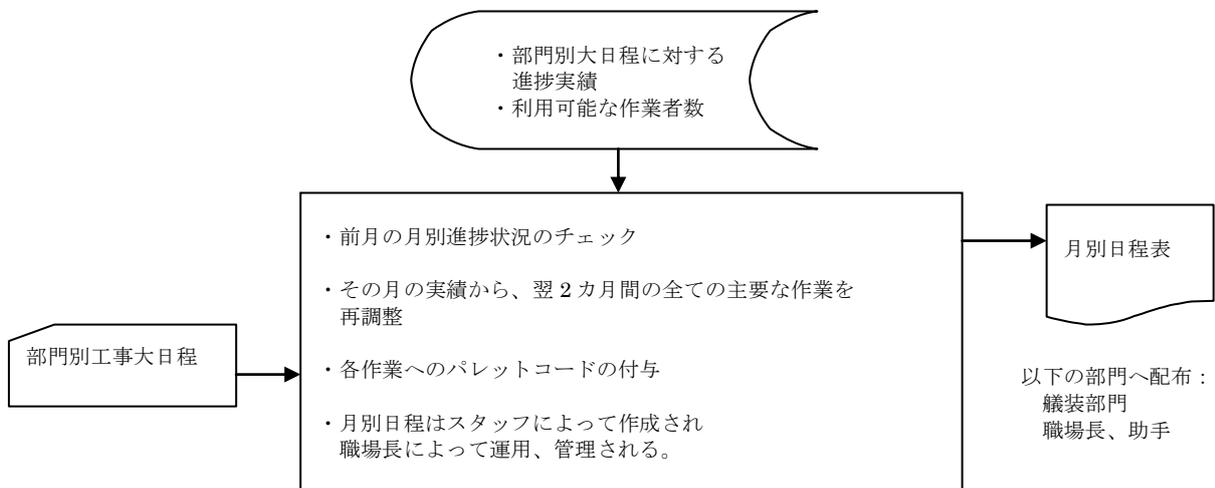



図 4－19　月別日程の作成

もう一つは、各部門別に月別日程表を基にして作成される、週別日程表である。この週別日程表は職場助手によって作成され、職場長によって認可される。週別日程表は 2 週間分しかないが、毎週更新される。この日程は、単に月別日程表を詳細化したものであり、日々の作業者の配員を行うものである。図 4－20 はこの日程表の作成フローである。

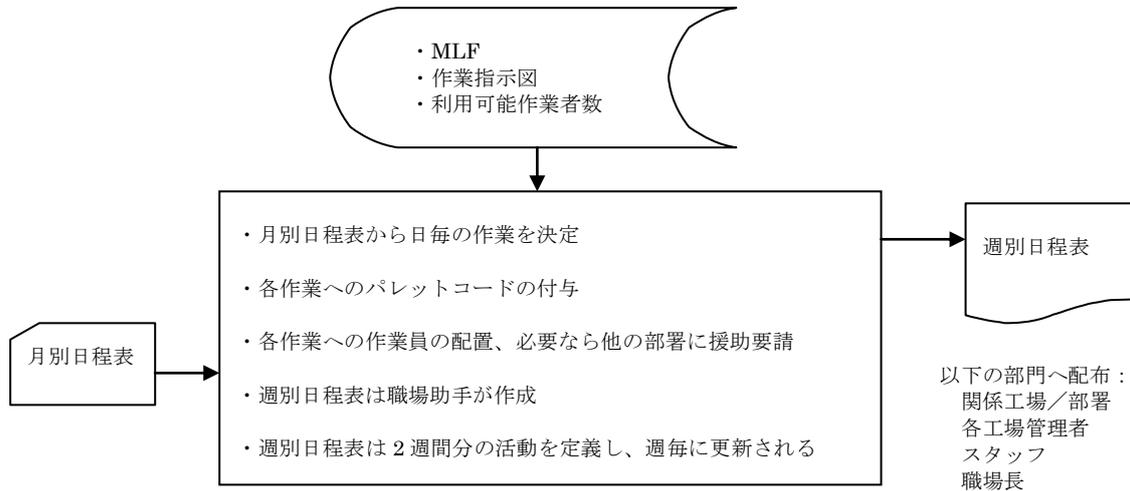



図 4－20　週別日程表の作成

４．７．５　パイプ加工日程（Pipe Fabrication Scheduling）

管工場はパイプの組み立てのみを行う。パイプの取付作業は、他の取付グループが請け負う。各種の取付日程に関係するパイプの組立は重要なので、明確な管工場日程が作成される。この日程は MLF や艤装大日程によって要求される特定のパレットに必要なパイプを識別する。パイプは種類別もしくは系統別に分類され、また長期日程表と短期日程表とが作成される。（図 4－21、図 4－22）

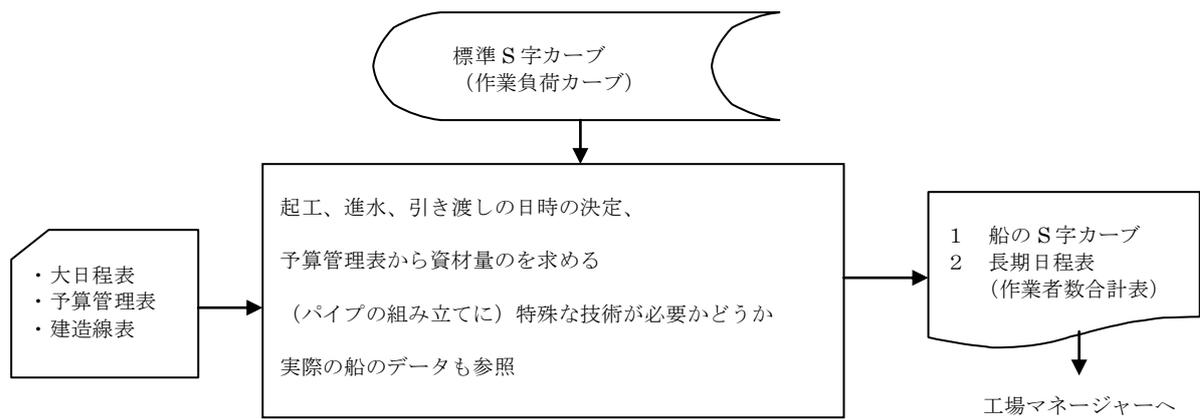



図４－21　長期日程表の作成
（作業者数と管工場日程、4－6ヶ月）

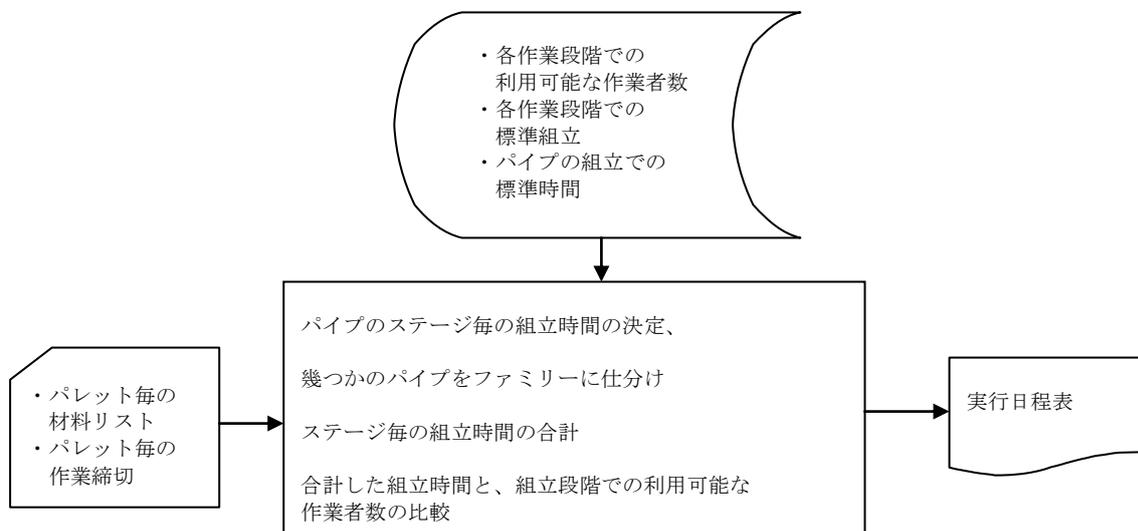



図４－22　管工場での短期日程表の作成

５．　配員計画（Manpower Planning）

５．１　概要

IHI では、十分に定義された生産プロセスの其々の必要作業に対して人的リソースを割り当てて行く事により、正確な配員計画を行っている。船殻と艤装での完成した計画と、それらの実際の予定表とを枠組みにして、作業の各階層における配員が行われる。

生産プロセス全体は、「プロセスレーン」を中心に組織化されている。第 2 章でも記述したように、プロセスレーンシステムは、プロセスレーンの内の一つのレーン上にある特定の作業場へ、それぞれの作業を種類別に配分している。船殻の作業場としては、現図、罫書き、切断、曲げ、小組、大組、搭載がある。　こうした各作業場の活動は、切断開始前に作成される図面類で極めて詳細に定義され、前章で説明したように詳細な予定表の中で更に説明されている。基本的な生産システムの組織と、高度に作りこまれた図面・予定表により、船殻生産プロセスを通じて、ある時点での人員配分の微小な増減が可能となっている。

艤装においても基本は同じであるが、艤装作業の種類によって作業場所と作業人員の混合具合は多様である。それから、パイプの加工については、図面も予定も独自のものであり、配員も船殻や他の艤装とは別途行われている。

船殻、艤装、パイプ加工といった大きな区分別の人員計算は、幾つもの造船所において以前建造された似た船によって長年蓄積されたデータに基づいて行われる。この長年蓄積されたデータを用いて、鋼材重量や溶接剤量、切断長、艤装機器重量、パイプ加工量といった要素量に対する人数の比率により、生産係数を計算、カタログ化している。その為、こうしたデータを繰返し行われる同じ種類の船の建造へと用いる事は、ルーチン化され、そして精度の高い作業となっている。

品質管理のコンセプトは、生産システム上の特定の作業や場所での人員の見積もりや配員において、重要な役割を担っている。IHI の造船所における品質管理の重視と、生産活動における精度に対する絶え間ない改善とにより、生産プロセスに必要な人員の見積もりは、高い精度を誇っている。品質管理のコンセプトの下では、扱っている材料上の少数のエラーや不一致が常に存在し、作業場から作業場へと移動して行くことが前提となっている。作業者によるミスや作業に依って生まれる不一致も常にあるが、それらはなるべくその作業場内で修正するようにしている。これは、作業場に計画通りに与えられた作業は、その作業場内で実施されなければならない、ということを意味している。前の作業場でのミスによる作り直しや修正作業がゼロにならなければならない。これにより、各作業場での極めて正確な配員が可能となるのである。

５．２　予算計画（Budget）

IHI における予算計画プロセスは、工場の計画スタッフが参加すると言うユニークな方向性と、それにより工場のマネージャーがアメリカと比べて自分達の予算作成により多く寄与しているという点で、アメリカの造船所とは異なった物となっている。

基本的には、全ての予算は IHI の企画本部によって作成され、造船所長によって各部門の各工場における作業予算を考慮しつつ改善してゆく。この全体予算の改善は、造船所長に直属した生産管理部門と、製造工場の両方共によって成し遂げられている。生産管理によって作成された見積もりは、より一般的な手法であり、主にこれまでの建造実績からの長年のデータを基にしている。生産部門の見積もりは、1 日／1 週間／1 ヵ月当たりの溶接と取付作業に必要な労働力の数値を用いた、正確なものである。

生産管理と製造工場による最初の見積もりが行われると、造船所長によって実行予算を決定する予算会議が行われる。引き渡しの 1、2 カ月前までは予算の調整は行われない。予算調整は、生産管理と関係工場、そして造船所長によって行われる別の会議において、正確な労働実績消費量を基にして行われる。図 5－1 はこの予算プロセスを示したものである。

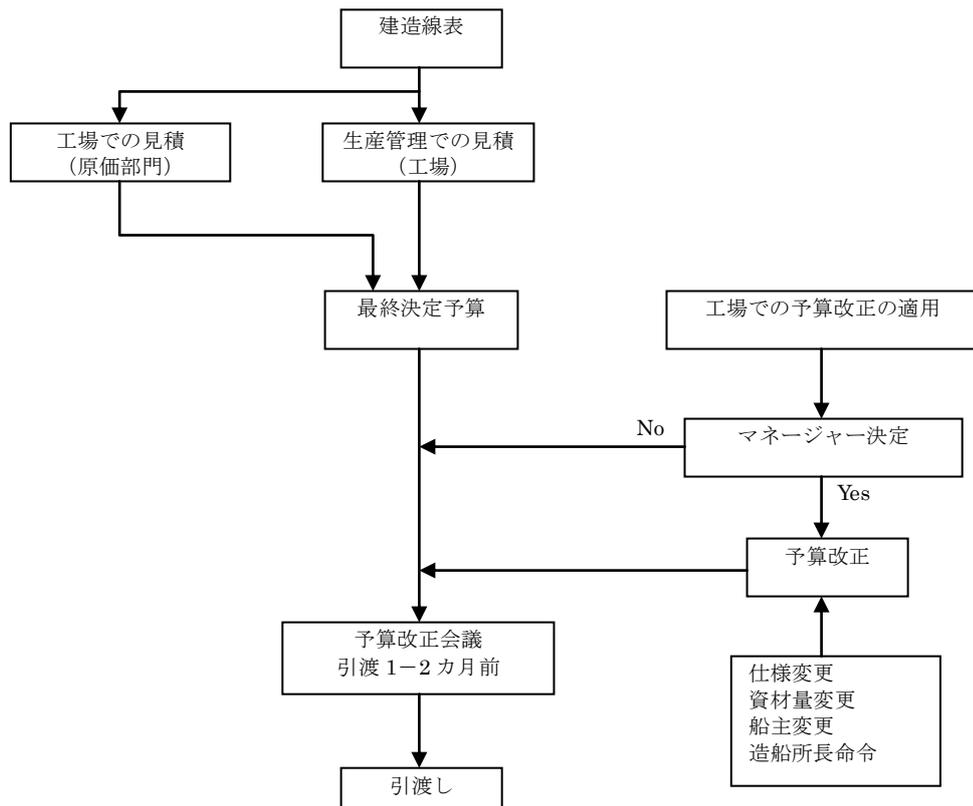



図 5－1　予算決定プロセス

５．３　詳細な山積み計画手法（Specific Manpower Planning Method）

配員計画プロセスでは、船殻や艤装に必要な人員の種類や人数を確認するなど、幾つかの明確な手続きを踏まなければならない。基本的に、この配員計画は、
各生産段階（現図、加工、組立、搭載、艤装等）それぞれで必要な工数（manhour）全体の評価、この工数を月別の基礎（month by month basis）上での予定編成、そして適切な人員の識別と各作業場の作業集団への配員の順で行われる。この工数の監視は、作業場のスタッフにより、生産管理チャートを保守することにより行われている。

５．３．１　生産計画評価（Production Planning Estimate）

工数の全体での評価は生産管理部門によって、まずは船殻、艤装取付、塗装の大きな 3 つの範囲へと評価を分解することにより行われている。

船の仕様書やこれまでのデータから求められる予算管理表（？Budget Control List)、そして同型船による追加データから、生産管理計画者は、船殻重量や予想溶接線長、予想切断長を基にして船殻作業で必要となる工数を見積もる。この際、主要な機器重量は含めない。塗装工数は、塗装が必要な面積と重量とによって見積もられる。

これらの工数見積は一連のカーブとしてプロットされ、このカーブを「生産カーブ」としてまとめて建造線表の時系列と合わせる事で、船毎に必要な合計工数を示している。図5－2はこの全体の生産カーブの作成フローである。

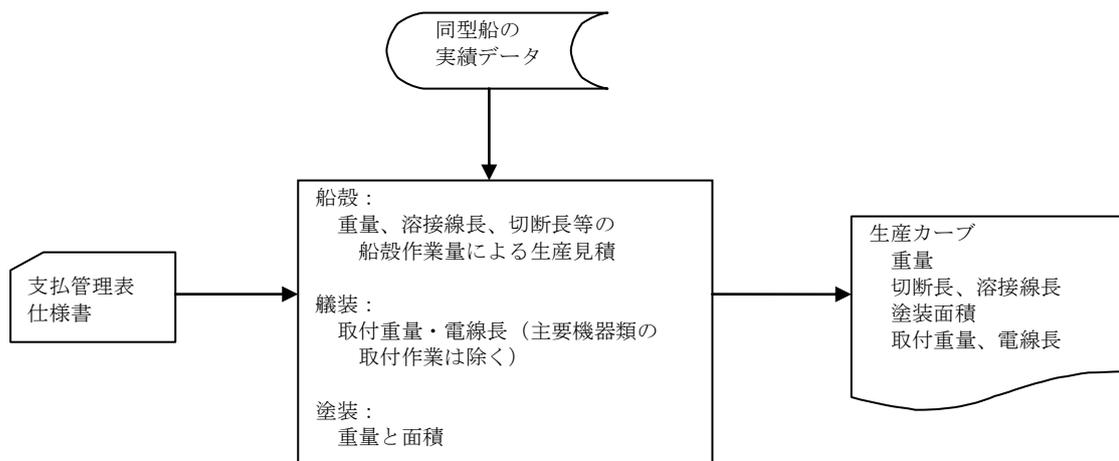



図5－2　重量、切断長、溶接長等による生産計画

５．３．２　工数計画

生産カーブを使用する事で、各生産段階におけるトン当たりの工数という形で工数を計算する事が出来る。この計算結果が、加工や組立、搭載、艤装の各種の作業でのトン当たりの時間を詳細に示した工数見積表（Manhour Estimation Table）である。

船殻作業において、溶接者工数（？welder hours）は支援人員数（number of support personel）と共に決定される。船殻工場では溶接が主要な活動とされており、溶接プロセスを通して、常にスムーズに作業が流れるようにすること対して、全ての努力が払われる。支援人員（Support personel）は溶接場に関連する輸送や資材の準備や撤去を行う、溶接作業者以外の人員である。

艤装での工数は、各作業段階における、取付部門（パイプ、内装、デッキ、機器類、電気等）毎における様々な取付作業者の、取付重量当たりの人数によって決定される。図５－３は工数見積表の作成フローを、そして図５－４はこの表の例を示している。また工数計画カーブの例は、添付資料Ｆに載せている。

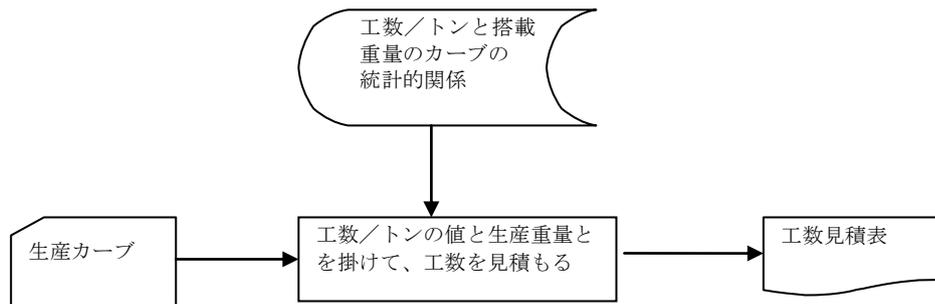



図５－３　工数計画

	船番　1000					
排水量						
船種						
LBD d						
船主						
船級						
起工日						
進水日						
	工数	重量	時／トン	長さ	時／長さ	%
配管						
内装						
デッキ						
機器						
電気						
管理						

図５－４　工数見積表

５．３．３　作業負荷予定作成（Work Load Scheduling）

生産の各段階における各作業に必要な工数の識別とプロットをすることで、船の建造の時間軸に対する船殻工数や取付工数を作成する。こうした工数を合計する事により、計画中の船の工数カーブを作成する。この工数カーブを、既存船や同型船から求められる「標準的」な工数カーブと比較する事により、その工数カーブ正しさの確認や問題部分の評価を行う事ができる。

この評価の目的は、建造時期全体で必要となる工数の決定と、要求工数と月毎の利用可能工数との比較である。もしも幾つかの船の生産が重なった場合には、下請けによる労働力の補給もしくは、利用可能工数内に収まるように予定を延ばすか配置調整を行わなければならない。

この全体の作業負荷予定の結果は、生産工場での負荷の平準化と、全ての船の全てのプロセスにおける十分な工数の保証とに使用される。図 5−5 は作業負荷予定表の作成フローである。

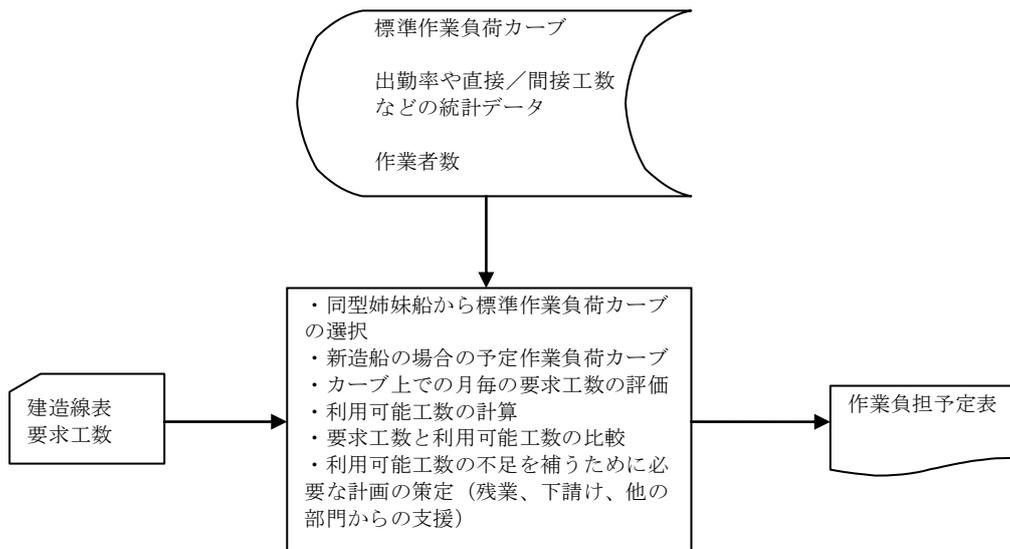



図 5−5　作業負担予定表

５．３．４　工数効率管理（Manhour Efficiency Control）

各工場、各生産段階での見積工数を月毎に綿密に監視し、予想時間が予定作業を完遂するに十分だったかを保証しなければならない。作業効率は、一つ前の類似船での実績工数とこの船での実績工数とを比較する事でも、監視できる。こうした管理は、工場毎に、生産計画スタッフによって作成される、工場の月別・週別の予定表や、人数チャート（manpower chart)、そして効率管理チャートを通して実施される。この情報は、生産管理グループによって、全体の工数効率カーブにまとめられる。図 5－6 はこの工数効率カーブの作成フローを示している。またカーブの例は添付資料 F に記す。

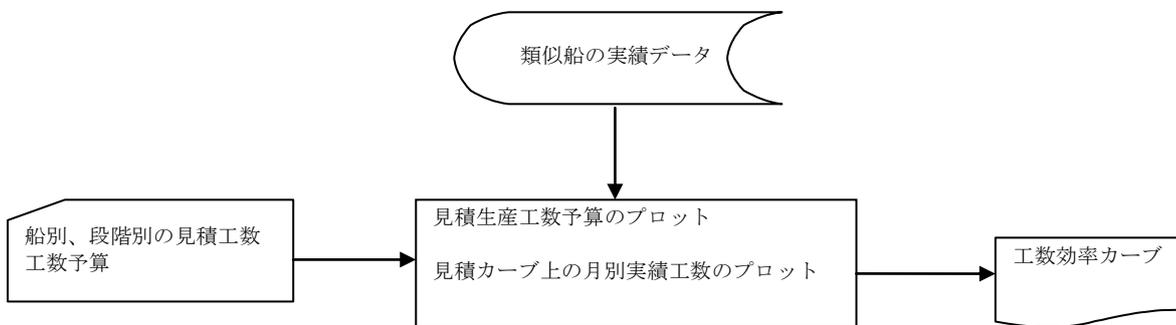



図 5－6　工数効率管理

５．３．５　工数管理（Manhour Control）

工数計画は、必要に応じて、各工場での工数実績を基にして調整される。各工場での実績工数は、職場長によって認可されるタイムカードによって、毎日収集される。こうした実績工数はコンピューターシステムに登録され、コストセンターによって 10 日毎に工場毎に集計される。この出力結果は、工数効率カーブや、各工場・各部門での詳細な効率管理カーブの作成に利用される。図 5－7 は実績工数の収集とその利用の作業フローを、図 5－8 は工数収集シートの実例である。またカーブの実例は添付資料 F に示す。

図 5－7　計画と管理

1-1. 作業者別時間管理表

1-1-1　作業者名
-2　残業時間
-3　合計労働時間
-4　メモ（作業番号、コストセンター等）
-5　部門コード
-6　コストセンターコード
-7　工数番号
-8　サブ工数番号
-9　比較コード
-10　下請け先部署コード
-11　労働時間
-12　下請け先コード
-13　職場長助手名
-14　日付

図 5－8　時間管理表

人員計画サイクルにおいて、工場と部門の工数予算が作成された全体計画から、各生産範囲の独立した職場長による工数計画へと拡大される。作業レベルでの人員計画は、船殻作業場もしくは、艤装予定の取付作業への作業グループの割当の、識別と予定作成によって構成されている。工数は、前船での工数実績と、工数／トン、工数／溶接材料、切断長、艤装品重量、電線長等の各種のパラメータによって、比較され続ける。この工数計画は、第２章、第３章で述べた生産計画と予定作成と共に用いられる事で、生産の各範囲の全ての作業における効率データの完全なフレームワークを形成するのである。

第６章　生産管理（生産統制？、Production Control）

６．１　概要

生産管理は、IHI の造船所においては、生産計画と予定作成システムの後に、自然と行われている。船殻・艤装の工場と作業における組織構成、各作業レベルでの詳細な計画、そして小グループレベルでの作業予定表の使用により、生産プロセスの各部分において、綿密な監視と管理を行う事が可能である。

基本的に、生産管理部門と、船殻工場と艤装取付工場の其々の生産計画グループの３つの組織が、生産管理と関係している。この、非集中管理（分散管理）は、計画と予定作成の活動における非集中化（分散化）と対称関係にある。生産管理部門は主に造船所全体の管理を、殻艤の生産計画グループは、それぞれの工場における詳細な管理を受け持っている。

この３つのグループは、造船所全体の計画と予定作成から活動を開始し、個々の作業場レベルへと詳細化が進められて行く。しかし、一度生産が開始されると、作業レベルからの日々の入力は、建造プログラム全体の状況を判断する為に必要な管理情報へとまとめ上げられてゆく。計画段階では、生産管理システムはトップダウンに働くが、生産段階においてはボトムアップに働いている。

６．２　生産管理部門（Production Control Department）

生産管理部門は、造船所長に対して、現在進行中もしくはこれから製造を行う、全ての船とその他製造物の為の、造船所施設と労働力の計画と予定作成について責任を持っている。生産管理部門の仕事には、以下の物が挙げられる：

・建造線表（Ship Construction Master Schedule）の作成
・重量、切断長、溶接長、機器重量、電線長等を用いた、生産計画の仕上げ
・造船所全体の配員計画の作成
・造船所全体の労働負荷予定表の作成
・造船所の効率の監視に使用する為の工数効率管理カーブの作成

図６－１はこの生産管理の作業フローを示したものである。

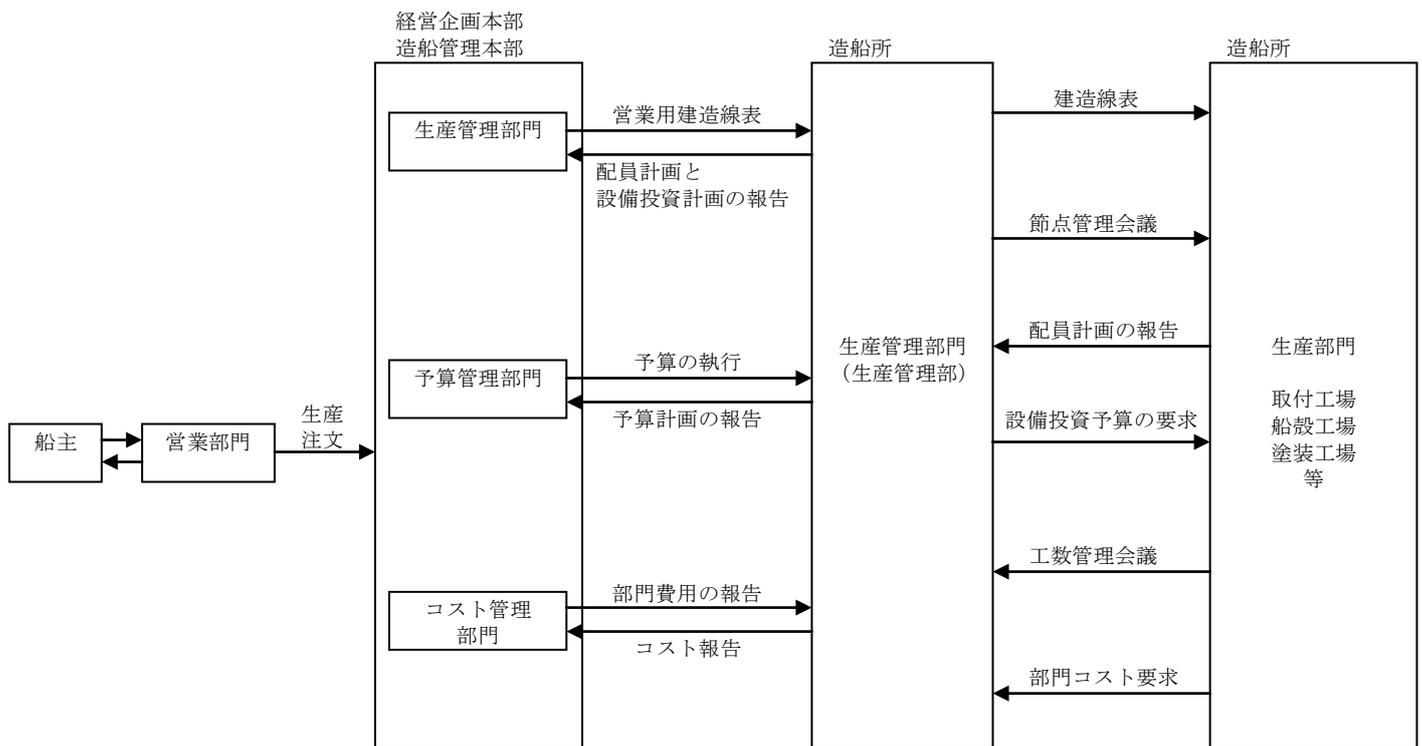



図６－１　造船所生産管理

この最上層での計画と管理は、工場や部やグループと言ったそれぞれの組織や、加工、組立、搭載、艤装といったそれぞれの製造段階が計画と予定、効率管理データによって完全に詳細化されるまで、組織の下層へと伝えられてゆく。

計画と予定とが徹底的に行われる為、普通は最上層での計画と予定とは、大きな変更が要求される事は無い。変更の必要があったとしても、一般には作業レベル内で治まり、最上層にまで影響が及ぶ事は無い。各プログラムの全体での状態は生産管理部門によって綿密に監視されているにも関わらず、実際の生産管理活動のほとんどは、生産計画グループ等の工場のスタッフグループに依って行われている。

６．３　生産計画とエンジニアリンググループ（Production Planning and Engineering Group）

工場のスタッフグループと呼ばれているエンジニアリンググループは、計画や予定、調整、管理などの多くの活動に参加している。これまでにも述べたように、こうしたグループは、生産プロセスを通して使用される各種の計画や予定を作成する際に、設計エンジニアと共に仕事を行うようになっている。彼らはまた、労働負荷や効率管理図、グラフの作成や更新を行う際に、職場長や課長、生産管理部門と密接に連絡を取り合っている。

生産管理部門によって、一度最上層での造船所計画が策定されたら、工場のスタッフグループは、各種の船殻・艤装グループの実際の作業内容に即した、詳細な計画と予定とを作成する。詳細設計の間に大日程と共に作成された計画データを基礎に、こうした詳細な工場の計画と予定の作成を進めて行く。

通常、船殻工場のスタッフグループの内の 1 人が、加工や組立、搭載といった作業段階（stage）を構成する小段階（sub-stage）の責任者となる。この責任者は、担当範囲での詳細計画・予定を作成し、また日毎もしくは週毎の作業処理量や、鋼材処理重量、溶接長、そして予定に対する実績を示す、効率管理グラフの作成を行う際に、実状を良く踏まえた職場長と作業を共にしなければならない。

艤装では、工場スタッフが、艤装品の組立や、小組、ブロック艤装、船内艤装等に関係する特定の作業グループに所属している。こうしたスタッフの仕事は、基本的には船殻工場で行われている物と同じである。しかし、仕事の組織は、船殻よりも艤装の方がより多くの異なった作業を行わなければならない為、艤装スタッフの方が多彩な作業をこなしている。この違いについては、以下の段落で説明してゆく。

６．３．１　船殻（Hull Construction）

　船殻工場内で行われている、様々な作業の生産管理には、計画と予定作成、そしてそれに続く、作業で用いられる労働力とプロセス、手法の監視と管理とがある。生産管理の為に、船殻プロセスは船殻全般、現図、加工、小組、大組、搭載の分野へと分けられる。こうした分野では、生産効率を監視する為に、幾つかの異なった手法が用いられている。表6−1はそれぞれの範囲で用いられている幾つかの管理グラフを示している。実例は添付資料Fに挙げる。

表6−1　船殻　管理表の一覧

範囲	グラフの種類	基準
船殻全般	進捗カーブ　重量	日
	工数	搭載重量（T)
	工数	溶接量
現図	設計図枚数／現図枚数	日
	工数／図面	日
加工	重量／図面	日
	工数／重量	日
小組	工数	重量
	工数	溶接量
組立（定盤単位）	工数／重量	日
	工数／溶接量	日
組立（全体）	工数	重量
	工数	溶接量
組立溶接	工数	溶接量
組立取付	工数	溶接量
搭載	進捗カーブ　工数	日
	搭載重量	日
	工数	重量
	工数	溶接長×難度係数
	船殻取付工数	溶接長×難度係数
	溶接工数	溶接長×難度係数

表 6－1 に挙げた管理グラフの作成の前に、工場エンジニアスタッフは、次のような各ブロックのスケッチと、ブロック毎の詳細な重量リスト、組立もしくは搭載範囲における溶接線長を準備する。

・ブロック重量一覧表
・溶接管理パラメータ出力表（Welding Control Parameter Output List）
・ブロック溶接量リスト（？Block Deposit Meter List）
・溶接進捗チェック図（Welding Progress Check Plan）

ブロック重量一覧表からは、搭載される状態でのブロックの全ての艤装品重量が得られる。この表では重量の他に、ブロックが船首部、船尾部、荷室（カーゴホールド）、機関室のどの部分か、また総組するブロックはその合計重量も、分かるようにしている。図 6－2 はブロック重量表の例である。

AC.IVITY / UNIT NO.	D						S		SL		SU	.	B	FS	BW	L			T		2D		U		FD
													(C)												
62														(C)											
BOW	(C)										(C)								(C)				(C)		(C)
5)	17						190.6		24.05		10.75												21.23		32.28
	(C)						19.38							1.03		30.69					(C)		(C)		
7							19.34									30.69					(C)		(C)		
	(C)						28.88									38.28			(C)				(C)		
6							20.00									38.25			3.95				18.01		
	(C)						28.88									28.88									NO.1
CARGO PART 5	133.15															28.29									
	(C)						34.10									31.64			(C)				(C)		NO.2
4							34.10									31.70			29.29				20.70		

図 6－2　ブロック重量一覧表の例

工場スタッフのエンジニアは、搭載された色々な範囲の形状表現に工作図（Working Drawing）を使用して、この範囲を構成している色々な組立で必要とされた溶接と、搭載時に溶接が必要な接合部の定義とを行ったスケッチを作成する。このスケッチによって、どの部分の溶接が完了したかが一目でわかるようになっている。

工場スタッフのエンジニアは、組立仕様図（Assembly Specification Plan）と工作図とを使用して、色々な組立のスケッチと、搭載後の区画（ship compartment）もしくは範囲のスケッチを準備し、これによって各作業段階で必要な溶接線を表している。こうしたスケッチは図６－３のように、溶接の必要な接合部を立体的に表現、指示している。

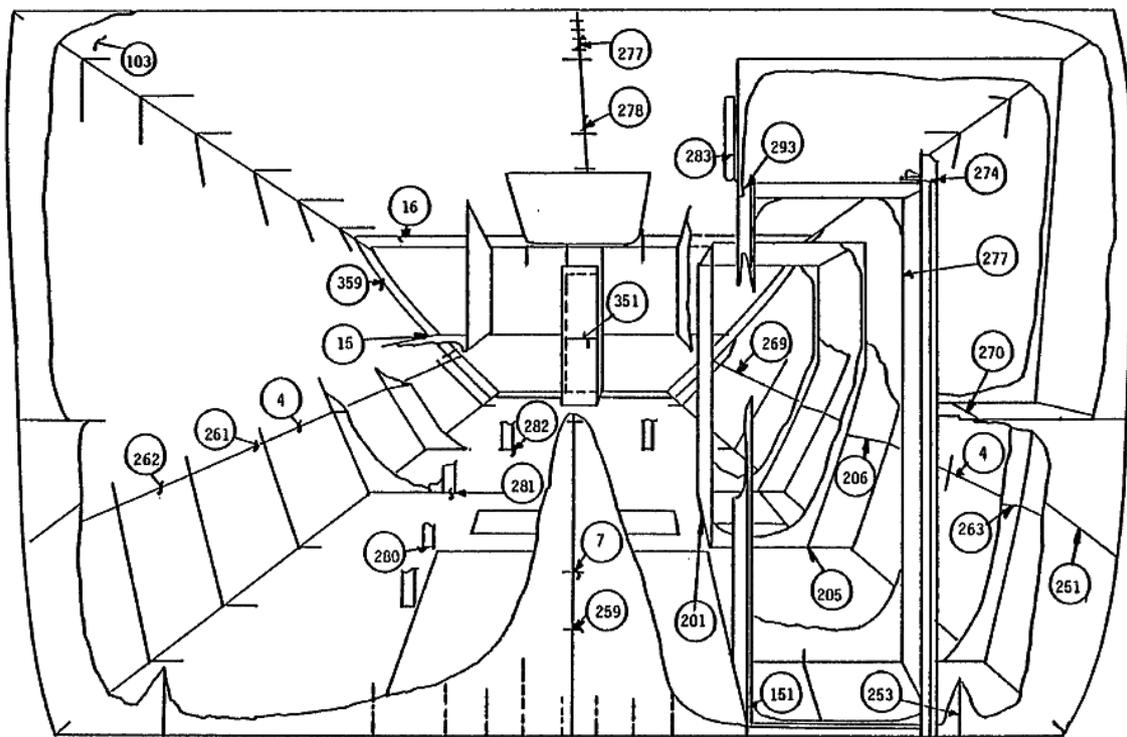



図６－３　溶接進捗チェック図

完了すると、このスケッチは溶接管理パラメータ出力表（Welding Control Parameter Output List）の作成に使用される。この表はコンピューターによって作成され、組立やブロック、搭載範囲における接合部毎の、溶接長、溶接量、そして実際の溶接長に溶接の難度係数を掛けて計算した換算溶接長（equivalency welding length）といった特徴が記載されている。図６－４はこの表の例である。

WELDING CONTROL PARAMETER OUTPUT-2　　(05/24/77) PNO 0

SNO	STAGE	BLOCK	LOT-NAME
2609	EREC	D 1 C	

NOTE	JOINT-NAME	F/B	W.L	D.M	B.N.L	NO
	*NAIKO * (INTERNAL)					
EI	F36H.P	F	2.0	1.62	19	581
	* 2.00		4.0	3.24	38	
EI	F36H.P-COV	F	1.4	1.13	13	582
	* 2.00		2.8	2.27	27	
EI	F36H.P-COV	B	1.4	3.58	63	583
	* 2.00		2.8	7.17	125	
EI	F36H.P-COV	F	0.6	1.54	28	584
	* 2.00		1.2	3.07	55	
EI	F36H.P-COV	F	0.6	1.54	11	585
	* 2.00		1.2	3.07	22	
EI	F36H.P-COV	F	1.4	3.58	39	586
	* 2.00		2.8	7.17	77	
EI	F36H.P-COV	F	0.6	0.49	4	587
	* 2.00		1.2	0.97	8	
EI	CAR.FB	B	0.1	0.10	2	591
	* 2.00		0.2	0.20	5	
EI	CAR.FB	F	0.7	0.17	4	592
	* 2.00		1.4	0.35	8	
EI	CAR.FB	F	0.2	0.05	0	593
	* 2.00		0.4	0.10	1	

図 6－4　溶接管理パラメータ出力表の例

溶接量（Deposit Meter）は、一定の時間当たりに使用される溶接剤の合計を定量化することで得られる標準値である。この計算値は溶接肉盛部の断面積と長さとを掛けたもので、次のような式で与えられる。

溶接量（DM）　＝p * S * L

p：定数、S：溶接肉盛部の断面積、L：溶接長

溶接長×溶接難度係数（Bn.L）は、搭載段階での溶接作業の複雑さ、もしくは難易度の度合いを織り込んだ、改良・修正溶接長であり、以下の式で計算される。

溶接長×溶接難度係数（Bn.L）　＝　L * DC

L : 溶接長、DC : 溶接難度係数

溶接難度係数（Difficulty Coefficient）は、作業や同型の前船から得られた標準値か、もしくはスタッフエンジニアによって決定される。

溶接管理パラメータ出力表の作成が終わると、今度はブロック溶接量表（Block DM List）を作成する。この表では、船首部、船尾部、荷室部（カーゴホールド)、機関室に分類された各ブロックでの合計溶接量が示され、組立作業時の進捗状況の計測に用いられる事になる。図6－5はこの表の例である。

ACTIVITY / UNIT NO.	D						S		SL		SU		B	FS	BH	L			T		2D		U	FD	HC
											224^{13}														
BOW 52																									
	182.9			40^{15}					$146.^{4}$		55.62								95.06				$150.^{61}$	$255.^{07}$	
51				40^{15}					$146.^{4}$		55.62														
										12.12															
										18.14															
	146^{12}			134^{27}	254^{38}		150^{85}							7.04		72.21					22.97		7.85		
7					254^{19}		150^{85}							7.04		72.21									
CARGO PART		7.91		$140.^{40}$	$366.^{91}$		174^{76}	33.88								$107.^{56}$			120.11				1.72	22.15	
6				$104.^{61}$			174^{76}	33.88								107.41									
6			$78.^{77}$				175^{01}									87.17									
			$78.^{79}$				175^{01}									87.17									

図6－5　ブロック溶接量表の例

工場スタッフのエンジニアは、ブロック重量一覧表とブロック溶接量表、そして溶接管理パラメータ出力表を使用して、自分達の担当する範囲に適用する、管理チャートを作成する。こうした管理グラフの多くは、鋼材重量や範囲当たりもしくは1日当たりの溶接量に対して、実績工数を反映したものである。この実績データによるグラフは、要求された生産スピードで達成されるべき推定グラフと比較し、予想人員と予定表の調整を行う。こうした管理グラフの多くが毎日書かれている為、推定グラフからの逸脱は直ぐに認識され、それへの修正活動が開始される。

船殻全体の進捗の場合には生産の段階間の時間の開きを、また搭載の進捗の場合には搭載中の取付作業と溶接作業との時間の開きを示した、それぞれの「進捗（Advance）」カーブを作成する。船殻全体の進捗カーブの場合には、加工された鋼材の合計重量を、加工時間に対してプロットする。そして組立てられた鋼材の合計重量、搭載された鋼材の合計重量も、それぞれの作業時間に対してプロットを行って行く。図 6－6 は進捗カーブの例である。

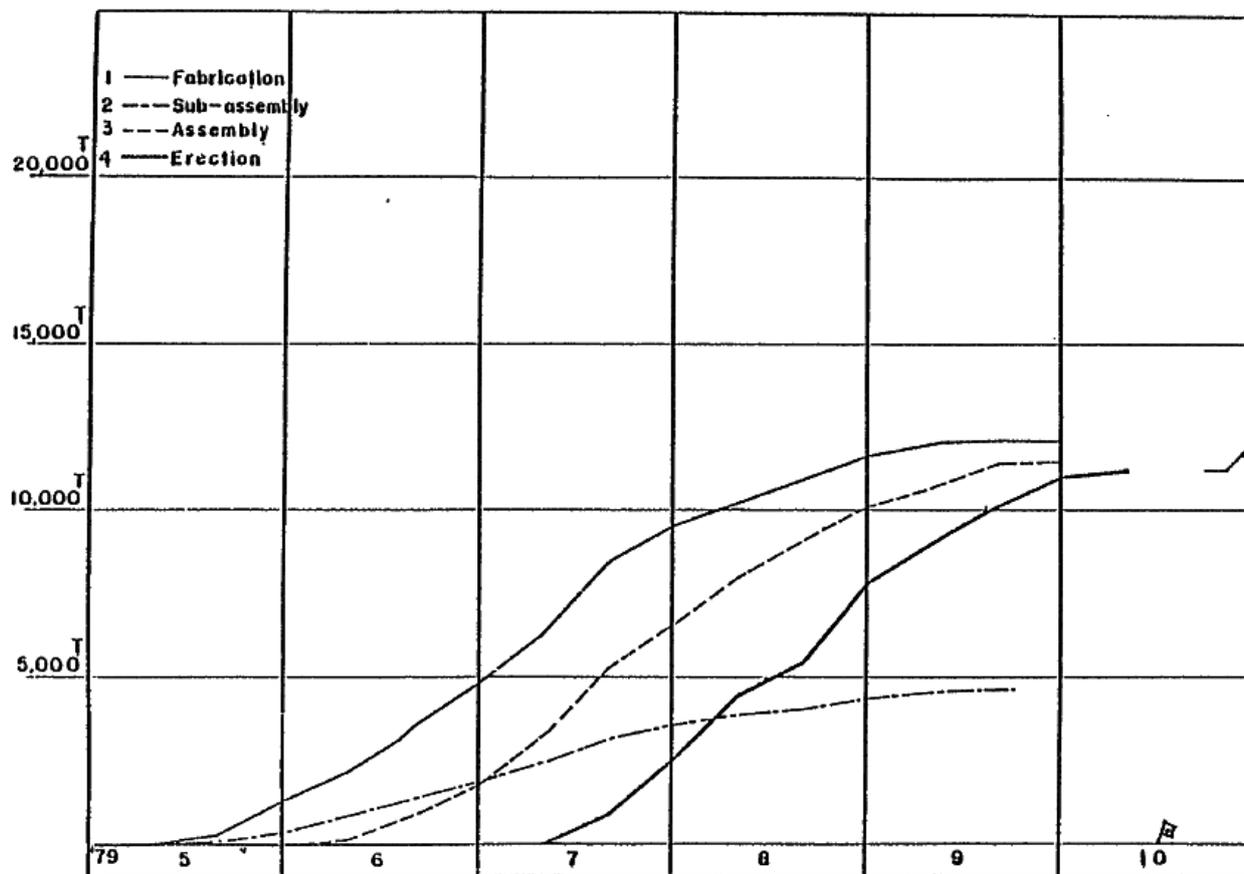



図 6－6　進捗カーブの例

搭載時の取付と溶接の予定時間の間隔もまた重要であり、搭載進捗カーブ（Erection Advance Curve）としてプロットする。このカーブによる配員は、特に連続建造で作業が密になる際に重要になる。図 6－7 はこの搭載進捗カーブの例である。

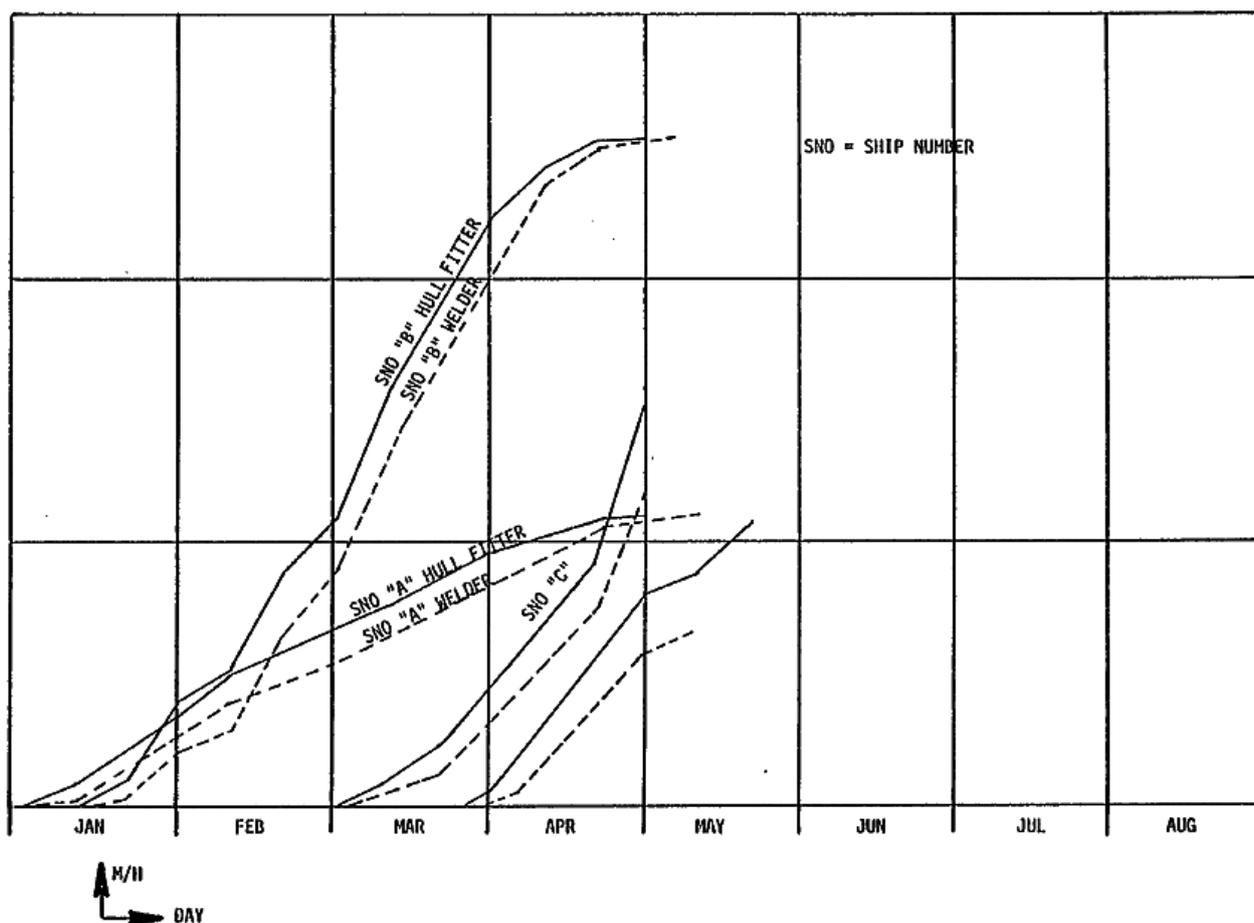



図６−７　搭載進捗カーブの例

６．３．２　艤装（Outfitting）

これまでにも述べてきたように、艤装作業は船殻の小組、大組、搭載といった作業と平行な関係になっている。パイプ加工と塗装と言う例外を除いて、こうした船殻作業は、艤装組織の取付グループの幾つかもしくは全てと関係している。

基本的に艤装の組織は船の艤装区画を中心にした構造をとっているが（居住区や内装、取付グループ、甲板取付、第一・第二機関室取付、電気取付グループ、等）、艤装作業の配員と予定作成とは、ユニット艤装、ブロック艤装、船内艤装のそれぞれの作業を中心に組まれている。その為、艤装作業は組織グループそれぞれの技能を混ぜ合わせ、与えられた仕事に必要な作業グループという形にする必要がある。そして艤装作業は船殻などと異なり繰返し環境ではなく、また幾つもの異なった場所で行われる為、明確に種類の異なった工数と予定とが必要となる。

艤装では、各グループの進捗状況を測ることが可能な効率管理チャートやグラフを使用するよりも、月別・週別の予定表を使用した方がはるかに信頼性がある。

船殻は前に述べたように、生産管理は最上層での計画から始まり、段々と低い生産レベルの予定表と管理グラフとを作成して行く。艤装の場合、この最上層での計画と管理とは、建造線表、艤装大日程、艤装工事大予定、そして造船所と艤装部門の調和した（？）管理チャートによって明確になっている。それを受けて、このレベル（？最上層）での生産管理チャートは、ユニット艤装、ブロック艤装、船内艤装における各グループの進捗状況を反映しながら作成される。図 6－8 は、この管理の階層構造と、管理チャートと関連する予定表との間の相互関係とについて、示している。

最上層レベルの全てのチャートの主要な指標は、搭載された艤装機器の重量を、一定時間（日、週、月）でプロットしたものである。予定に対して実績をプロットする事で、人員と予定との間の不一致を確認し、必要ならば修正作業を行えるようにする。

作業グループレベルにおいては、管理チャートは、機関室でのパイプの設置といった、独立した取付作業に、正確に方向づけられている。こうしたケースでは、効率管理チャート予定に対する実績を反映している。図 6－9 と図 6－10 は、機関室へのパイプの設置（船内艤装）の為の予定表と、実績を表わしている効率管理チャートを、それぞれ示している。

取付工場の生産計画グループは、こうした予定表と管理グラフとを作成、修正し、そして予定と配員との不一致に調整を、職場長と部門長と共に行っている。

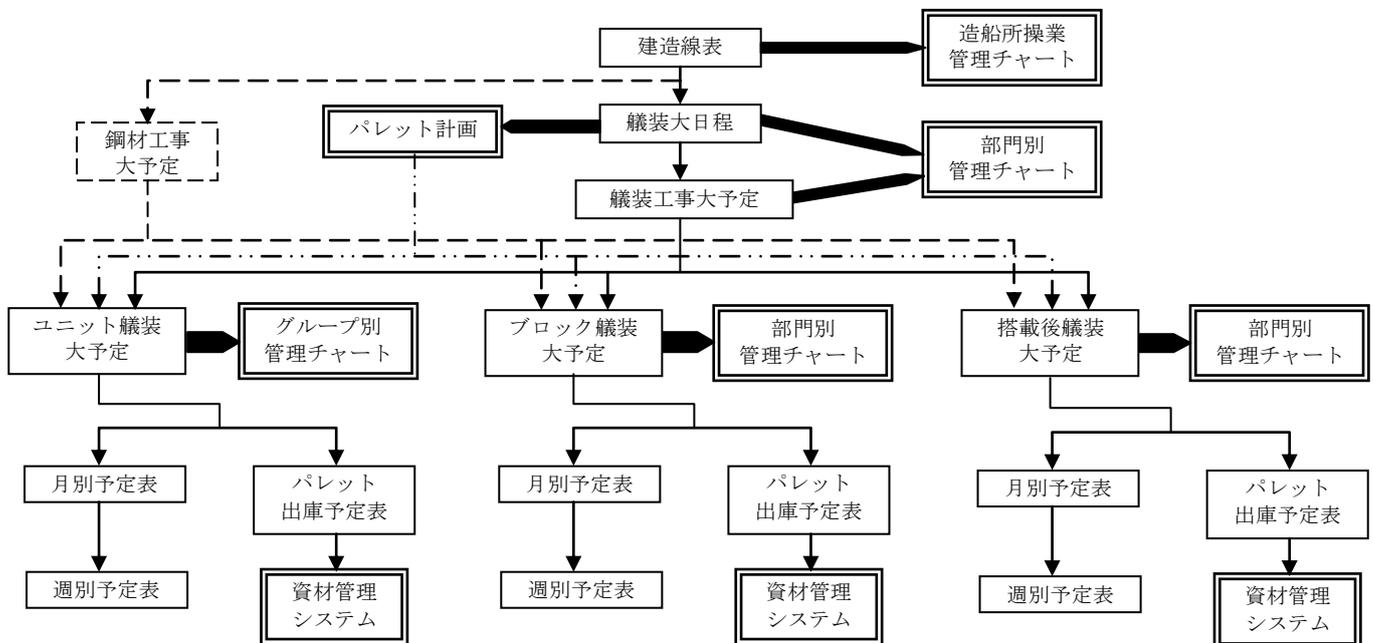



図 6－8　艤装予定作成システム（IHI）

Unit	MAY				JUN				JUL					AUG				SEPT					OCT		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3
					201 203	202																			
DEL. BTM						211	212	221		231															
BHD.						281											282								
LEF														232	218										
SIN															241		242								
T.S. TANK																	206 207								
MAIN DECK																117 225 216 224									293
IN DOUBLE BTM.					SKETCH 20	20	INSTALLATION																		
731																									
732																									
733								210				210													
734					100		100																		

図６－９　船内艤装配管予定表（機関室）

図６－10　効率管理チャート

７．　IHI の技術の、Levingston 社（LSCo）への適用

７．１　概要

一連の技術移転プログラム（TTP）を通じて、Livingston（LSCo）社は IHI の生産計画と管理技術の多くを採り入れてきた。これには、IHI システムの詳細な研究と、どの部分を LSCo 社として適用するのかについて細心の評価とが必要だった。

他の造船所で、この IHI 手法の導入を試みる際の大きな困難は、IHI の計画と予定作成技術が、プロセスレーンやステージ／サブステージといった IHI の生産システムを中心として作られているということである。また、組織の作業グループやスタッフグループのメンバーも作業場や作業範囲を常に担当し、それによって計画や予定、配員、効率計測データの実装が大きく促進されているが、これはアメリカの造船所では殆ど有り得ない状態である。異なった種類の生産システム上で、IHI の計画・生産管理技術の導入を行おうとしても非常に困難で、効果も殆ど出ないだろう。

LSCo 社の研究の結果、Livingston 社の生産システムを、時間を掛けて IHI のシステムに近い物に変換し、また Livingston 社の計画・予定システムも大きな変更を加えて段階的に IHI 式のシステムへと変更する事になった。最初の改良型 Future32 型バルクキャリアの建造で Livingston 社によって作成された全ての計画データは、１つ１つ IHI の手法のものへと変換された。艤装計画については IHI 技術の導入が始まったばかりで、現在の所ほとんど進んでいない。予定作成については、IHI によって使用されている物と同様なものを開発しつつも、LSCo で使われている、作業命令システム（Work Orser System）も使用した。また、実際の工場では必要となる変更の為の計画（？）は完了し、作業命令は施設を通した改善された作業フローと一致したものになっている。

1980 年の初め、Livingston 社は、IHI の「プロセスレーン」システムのコンセプトを使った、生産システムの改良作業を開始した。再構築期間中の混乱を避けるため、「ゲートシステム（Gate System）」と呼ばれる手法を、LSCo 社の生産システムを表現する為に採用した。基本的に、このシステムは、IHI のステージ／サブステージに相当する一連の「ゲート」によって構成されている（板清掃、罫書き、切断、曲げ、小組、大組、搭載、艤装機器の小組などの幾つかの艤装ステージ、組立ユニットの搭載、船内艤装での取付、など）。こうしたゲート其々は、定常的に割当てられた職場長もしくは職場助手と、数名の工員とで構成される。ゲートは詳細なゲート予定に従って鋼材を処理し、組立大日程や艤装大日程、搭載大日程を支援する。

この論文を書いている時点では、「ゲートシステム」の導入は始まったばかりで、完了には程遠い状態である。バルクキャリアの建造の最中での生産システムの変更には、古い手法から新しい手法へと一つ一つ段階を踏んで行わなければならない膨大な仕事が必要である。計画・予定データの適用と、作業命令システム（旧いシステム）の新しい計画作業に

合うように作り直す作業は、1979年中に完了した。しかし、「ゲート」の要求に合った物理的な工場の改良作業は、まだ途中段階である。

この転換作業中にLSCo社で発生した幾つかの問題は、記述しておくべきだろう。実際の工場では、造船所内の資材の流れを最適化する「ゲート」を識別する詳細な研究が必要だった。一度、この研究が完了すると、かなりな組織の再編成と、幾つかの施設の再配置とが必要となってくる。また、例えばフレーム曲げといった、システムで新しく用いられる新しい技術には、新しい設備と空間とが、新しい資材流通レーン内に必要となる。この資材流通の組織再編成には、人員の移動と削減、そして以前の作業・貯蔵場からの資材流通の変更とが必要だった。構成物や小組、大組ユニットの移動と貯蔵は大きな問題となり、ゲート間にバッファー範囲を設けて各ゲートでの生産の操業率が変化しても効率を保てるようにしなければならなかった。

現在のところ、システムは部分的にのみ導入、運用されている状態である。幾つかのゲートは本当の「ゲート」として機能しているが、しかし全体的な運用において望ましい特徴の多くと、効率の高い「プロセスレーン」システムとは、完成からは程遠い状態である。

７．２　LSCoでの調査と適用の経過（Chronology）

技術移転プログラム（TTP）は、改良型フューチャー32型バルクキャリアの建造と共に始まった。もちろん、いきなり広範囲に渡ってIHIの、詳細図面と作業レベルでの図面作成とに非常に大きな影響を持つ計画手法を研究できたわけではない。しかし、IHI側のコンサルタントメンバーは、LSCoの設計チームに参加してくれたため、開始後、すぐに効果が見え始めた。

LSCoの上級設計者と上級計画者は、既に、LSCOの既存施設の範囲でそれぞれ加工可能なように、ブロックを分割する決断をしていた。これによって、IHIで行われている船殻ブロック計画と極めて平行な形で、船を分割する事が可能となった。IHIのエンジニアが設計チームに参加すると、ブロック分割についての幾つかの大きくない変更が行われた。IHI側の資料では、IHIの船殻分割計画はLSCOの計画者にも可能であり、またゾーン1（船体中央部）のブロック分割も、基本的にこの計画に従って行われたとある。

LSCOのエンジニアは、明確な判断基準をもってゾーン1でのブロック割を実行した。

（１）重量

スラブエリア（大組定盤？）と平行な場所にあるガントリークレーンで運搬が容易な、40～50トンの範囲でブロック分割を行っている。GAと主要寸法から長さ当たりの重量を推定し、ブロック分割を行う際の目安としている。

（２）利用可能な材料制限

ブロックサイズが、US スチール製鋼板として最適な材料長さである 40ft（12.2m）を下回るようにしている。

（３）自然な分割点

ゾーン 1（カーゴスペース）の断面を研究した結果、ホールド間にある水密隔壁が、73′6″（22.4m）の間隔で配置されている事に注目した。そこで、これを 2 で割って、ブロックの長さを 36′9″（11.2m）とした。最初に搭載するブロックは、最初の水密隔壁の下の中央部とした。そして隔壁部に集中するブロックと、隔壁間のホールドに集中するブロックとを交互に配置して行く。この配置は、機関室前の隔壁からブロック配置を開始する IHI 方式とは厳密には異なるが、ゾーンの両端部の左右にある 4 カ所のビルジブロックだけが曲板を持ち、また曲がりが非常に緩やかであるため、この方式によって幾つかの利点を得る事が可能である。（訳注：全体的に意味不明）

輪（？ring）の長さが設定され、また輪（？）は大組での生産性が最も高くなり、また船内艤装と搭載後溶接が最小となるように分割される。理想的分割点を求めて行くと、重量が増大する傾向になる。多くの研究の結果、最適な分割点による利点を活かす為に組立ブロックの最大重量は 60 トンにまで増大した。

IHI の船殻ブロック計画の研究により、ゾーン 1（カーゴホールド）のブロック分割は、LSCO のエンジニアと計画者だけによって成し遂げられた。ゾーン 2（船尾部）とゾーン 3（船首部）のブロック分割は、LSCO の計画者と IHI のエンジニアとが合同で行った。

７．２．１　ブロック組立計画（Unit Assembly Planning）

ゾーン 2 とゾーン 3 のブロック分割と並行して、IHI のエンジニアはゾーン 1 で分割した其々のブロックの組み上げ方を示した一連のスケッチを作成した。この作業は、IHI の計画の章で述べた「ブロック組立計画」と類似（parallel）したものである。これらのスケッチは、各ブロックをどのように組み上げて行くかを一つ一つ示したもので、どのようなプロセスが必要で、加工、小組、大組の各作業に使用するべきプロセスレーンをどこにするかを決定する際に、便利である。こうしたダイヤグラム（組立系統図？）は、まずは要求されるプロセスの種類にはこだわらずに、単純に組立プロセスのみを作成する。詳細については後の LSCO での「プロセスレーン」システムの適用で述べる。

７．２．２　プロセスレーンシステム（Process Lanes System）

1979 年 5 月に、IHI のコンサルタントエンジニアは、造船所の建造範囲を「プロセスレーン」に分割する計画を提案してきた。分割は、基本的に行われるべき作業の種類と必要な作業の量、施設能力（特にクレーンの搭載能力）とによって行われた。計画は LSCO によって受け入れられ、そしてシステムを LSCO の設備に合わせるべく更なる研究が開始された。IHI のシステムと LSCO で適用される物との混同を避けるため、この新しいシステムには「ゲートシステム（Gate System）」という名前が付けられた。

LSCO 造船所は、造船所独自の旧い建造プロセスの下で、工場範囲を各種の作業場所を明示した「作業拠点（Work station）」へと分割を行っていた。こうした既存の作業拠点は、特異な「ゲート」内の作業グループの配置へと、再編成された。

「ゲートシステム」の基本コンセプトは、範囲を特異な種類の作業もしくはプロセスへと配分している事にある。そしてこの範囲には職場長を始めとする作業者集団を恒常的に割り当て、同一の種類の作業が常に行われるようにし、それによって計画や予定作成が標準化、ルーチン化されるようにしている。図 7-1 は、造船全体のサイクルを通しての、このゲートシステムコンセプトを示したものである。

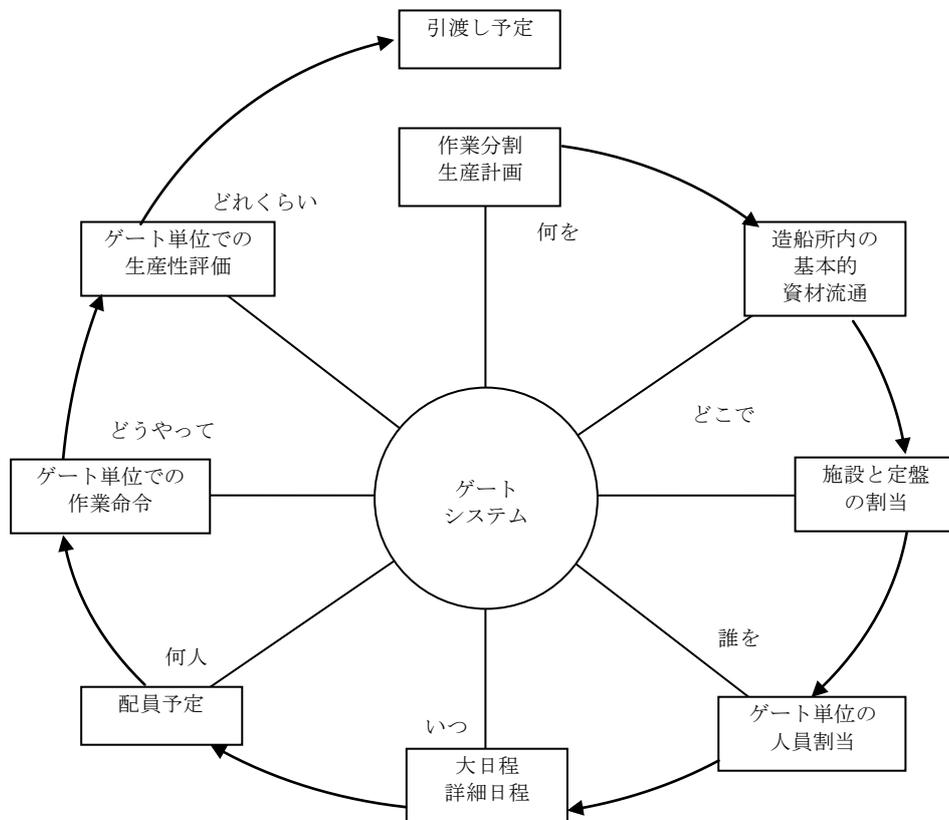



図 7－1　ゲートシステムのコンセプト

施設の分割は、加工プロセスのネスティングと切断から開始される。そして資材が塗装プロセスを通過した後に、資材は「ゲートシステム」へと入り、そこから平らか曲がっているかでそれに応じたゲートへと移動して行く。ネスティングと切断の後、資材は追加加工（？Shaping）が必要ならば追加加工ゲートを通過し、そして小組に関係したゲートへと移動する。その後、組立ゲート（中組？）を経て、大組の為のゲートの一つへと移動する。その先は、ブロック同士の接合ゲートで、そして搭載ゲートが最終ゲートとなる。図 7-2 は LSCO 造船所の現在の配置と資材流通を示したものである。添付資料 F には、このシステムを LSCO で採用した際の詳細な追加資料が含まれている。

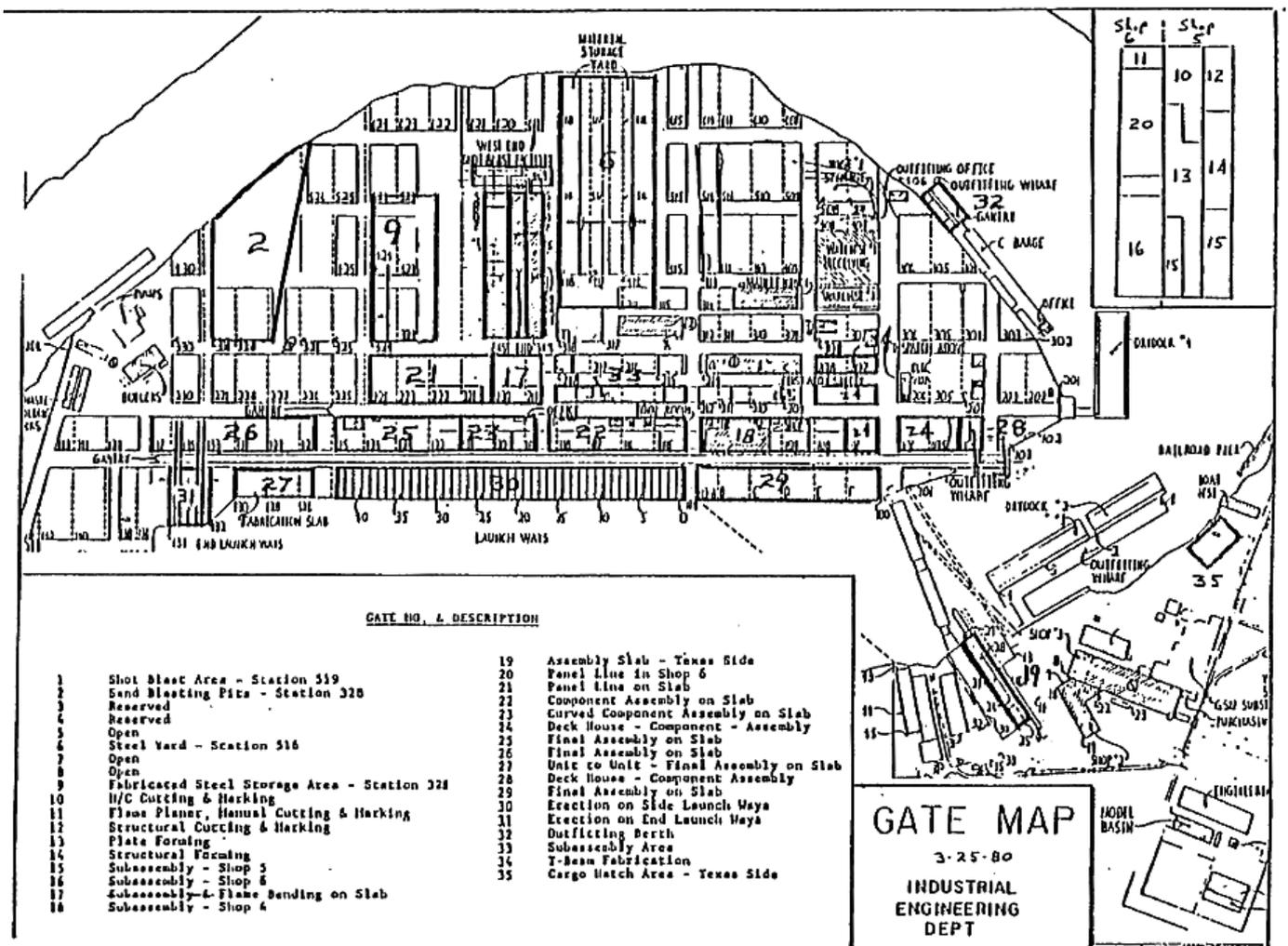



図 7−2　ゲートシステム配置

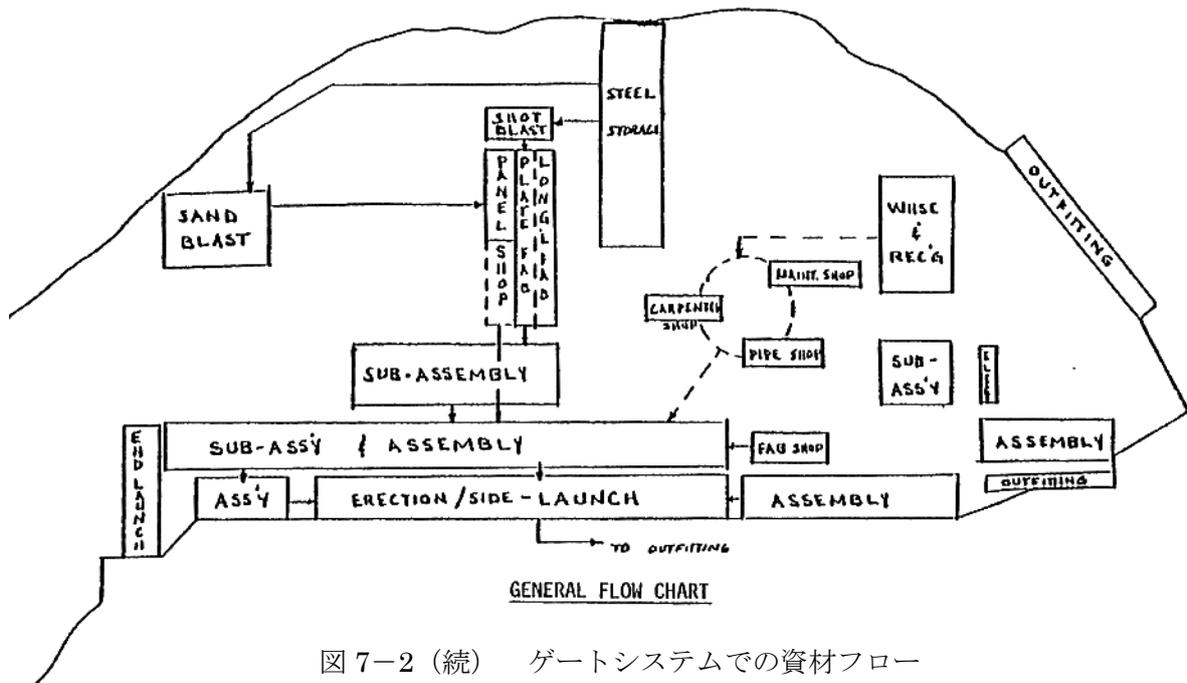



図７−２（続）　ゲートシステムでの資材フロー

７．２．３　ゲートシステムでの計画と予定作成

ゲートシステムの受け入れと、「プロセスフロー」方式を実施可能な形での施設の再配置には、IHI 手法による計画と予定作成の、より完全な適用が必要である。1979 年 8 月に、最初のバルクキャリアの元々の予定に変更が必要となり、これが IHI 方式による予定作成の最初の機会となった。

基本的に、この計画と予定のやり直しは、図 7-3 で示すように、8 つの異なった計画・予定とで構成されていた。

ブロック分割と配置	船をゾーンとブロックとに分割
ブロック作成ガイド	各ブロックでの組立作業を手書きのスケッチで一つ一つ示すことで、組立に必要なものを明確化する
搭載大日程	大元の搭載計画で、搭載の流れとクリティカルパスを示す
基本生産流通表	利用可能な施設の利用基本計画
船殻工事大予定	トン単位で示された、大元の管理チャート
搭載日程	搭載大日程と船殻工事大予定を基に作成した最終的な搭載日程
ブロック情報表	各ゲートで必要となる期間と工数を作成するために使用
最終組立日程	この予定から、全てのブロックの量と流れを作成する
ゲート大日程	最終組立日程と同様に、この予定で他のゲートへの割当を設定する
ゲート詳細日程	ゲート毎の、毎日の予定

図 7-3　計画と予定作成の基本手法

７．２．３．１　搭載大日程（Key Erection Plan）

搭載大日程は、IHI で用いられているものの全く同一の物であるが、これによってブロックの搭載日を示した各ノード間の相互関係を示している。ノード間に引かれた線は、次のブロック搭載までの時間の長さを表し、ブロック搭載の流れを表現している。もちろん、最初の利用の際には、既に搭載済みのブロックが多く存在していたので、搭載大日程はそれまでに搭載されたブロックの総計と、未搭載ブロックの今後の搭載予定という形になってしまった。図 7-4 はこの搭載大日程の例である。

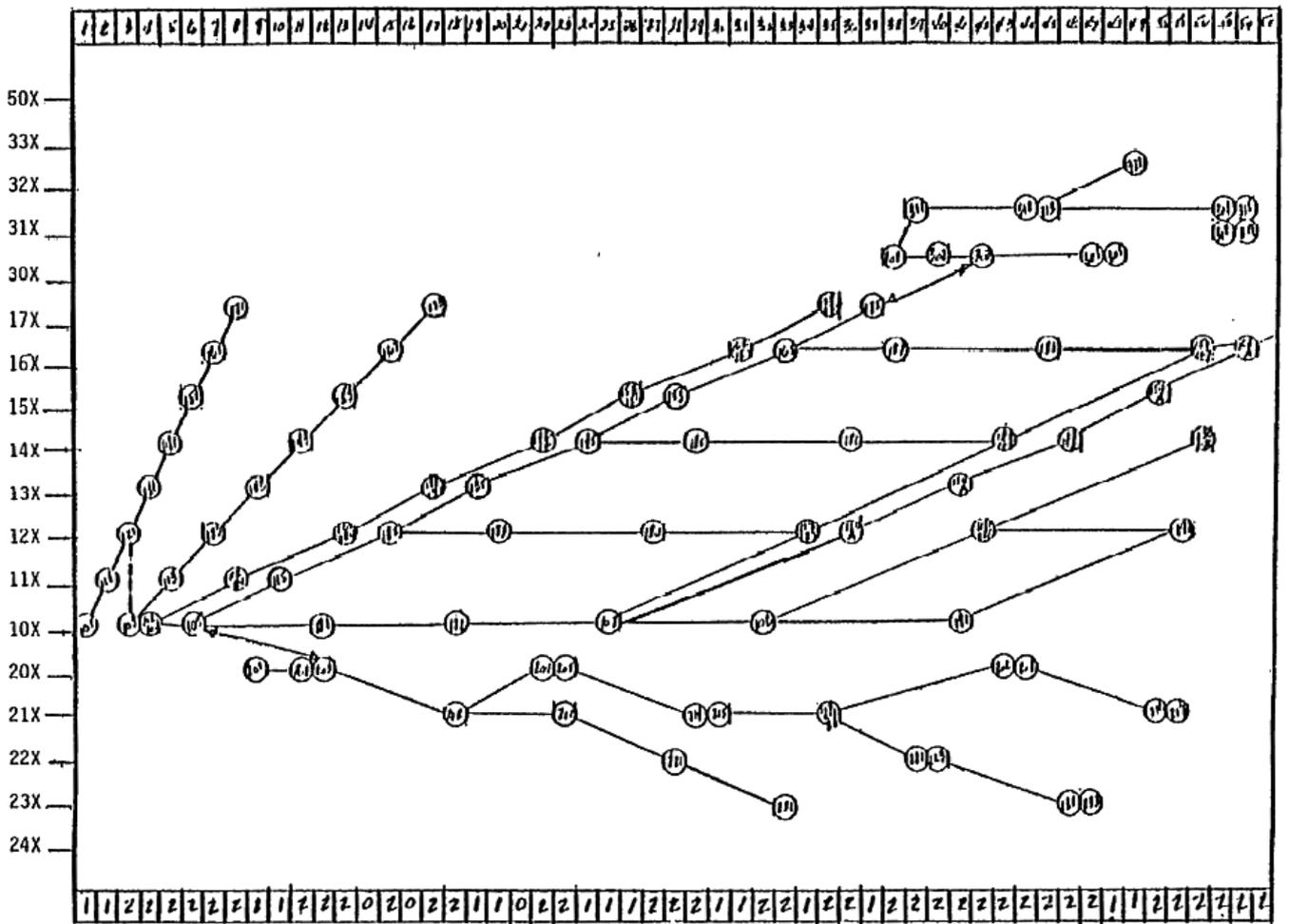



図 7－4　搭載大日程の例

搭載大日程を作成する前に、標準搭載時間の図表を作成する必要がある。この図表はブロックの種類ごとの、次のブロックの搭載が可能となる為に必要な取付と溶接にかかる標準的な搭載時間を示したものである。図 7-5 はこの標準搭載時間表の例である。

	搭載	合わせ	取付調整　最小	取付調整　通常？	溶接　片側	裏ハツリ	溶接　逆側	溶接仕上？	検査	艤装	
二重底中央	0.5		0.5	0.5	1	0.5	1	1			
二重底サイド	0.5		1	1	1	0.5	1	1			
ビルジ	0.5	1	1	1	1	1	1	2			
スツール	0.5	2	1	1	1	0.5	1	2			
隔壁	0.5	2	1	1	1	0	1	3			
トップサイド	1	2	2	2	2	1		3			
上甲板中央	0.5	1	1	2	1	1	1	2			
曲がりブロック	1	1.5	1.5	1	2	1	2	2			
曲がりブロック総組	1	2	2	2	3	2	3	4			

図 7-5　搭載大日程　必要時間表

７．２．３．２　基本生産フローリスト（Basic Production Flow List）

前にも述べたように、IHI のエンジニアが、各ブロックの一連の組立手順をスケッチで説明した「ブロック建造ガイド」を作成してくれた。各ブロックを構成物や小組の塊に分解してゆく過程で、エンジニアはこの構成物を加工して行く為に、どのプロセスレーンするかについての基本的な決定、その後に、その構成物をどのゲートに対して流して行くのかについての決定も、行う事が可能となる。また、この新しいゲートシステムでの資材の流れを計画する際にも利用される。適したプロセスゲートの決定には、クレーン能力や必要な総面積、各ゲートを通す為に必要となる仕事の総量、バッファーの容量、といった幾つもの要因についての考慮が必要である。この作業が終わると、基本生産フローリストとしてまとめられる（図 7－6）。

ZONE	UNIT	COMPT.	PANEL LINE	COMPT. ASSY.	FINAL ASSY.	UNIT-TO-UNIT	ERECTION
ZONE 1	111	TANK TOP	20/21 (WT.) (X X)	22 (WT.) (X X)	(WT.) (X X)	(WT.) (X X)	
		BOTTOM	20/21 (WT.) (X X)	(WT.) (X X)	25 (WT. 58.91) (X X)	(WT.) (X X)	30
	114	SLANT-PLATE	20/20 (WT.) (X X)	22 (WT.) (X X)	(WT.) (X X)	(WT.) (X X)	
		SHELL PLATE	(WT.) (X X)	(WT.) (X X)	25 (WT. 42.10) (X X)	(WT.) (X X)	
	112	TANK TOP	20/21 (WT.) (X X)	22 (WT.) (X X)	(WT.) (X X)	(WT.) (X X)	
		BOTTOM	20/21 (WT.) (X X)	(WT.) (X X)	25 (WT. 37.49) (X X)	27 (WT.) (X X)	30
	181	STOOL	(WT. 19.69) (X X)	(WT.) (X X)	25 (WT. 19.69) (X X)	(WT.) (X X)	30
			(WT.) (X X)	(WT.) (X X)	(WT.) (X X)	(WT.) (X X)	
	182	CORRUGATED BULKHEAD	(WT. 42.68) (X X)	(WT.) (X X)	29 (WT.) (X X)	(WT.) (X X)	30

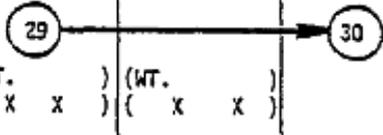



図７−６　基本生産フローリスト

７．２．３．３　ブロック情報リスト（Unit Information List）

基本生産フローリストを基にして、ブロック情報リストを作成する。この表によって、各ブロックの加工や組立、搭載の時間軸を作成し、各作業で必要となる作業者数（工数）と作業者の職種の評価を行う。この表の作成には、新しく「ゲートシステム」として変更された、LSCO 造船所の施設と能力について集中した調査が必要となる。その為、必要となる時間と工数の評価において、過去に蓄積したデータを利用する事が出来ず、作業レベルの予定作成が早急に必要な事から、記載された情報が正確なものとなる前の、多くの段階で必要となる予見として作成された。(図 7-7)

ZONE	PART	UNIT	WT.	SIZE	DESCRIPT.	GATE	PROCESS FLOW	DAYS HOURS	START DAY	ERECTION DATE
ZONE # 1	BOTTOM WING TANK UNITS	Side Shell & Bilge Unit 114-164 Side Double Bottom 112-162 River Side	50.98 x 6	12'-5'2 36'-9	Bilge Curved Unit		115-165 (Inland)	2 days 0		
					Bilge Part Unit	22	115-165 (Inland)	7 days 96		
				17' 36'9	Hopper Slope Panel	20 or 21	115-165 (Inland)	3 days 24		
					Unit	22	115-168 (Inland)	6 days 68		
				25'-9 36'-9	Final Assy	25	Shell Base (Hopper Slope)	2 days 18		
			91.62 x 10	33'-6 36'-9	Unit to Unit	29	Side Double Bottom x Bilge Base	9 days 160		
		Side Shell & Bilge unit (104 & 174) X Side Double Bottom (102 & 172)	53.04 Tank X 2 Units	12'5-1/2 36'-9	Bilge Part Unit	22	Inland Side (115-165)	7 days 96		
					Hopper Slope Panel	20 or 21	Inland Side (115-165)	3 days 24		
				17-0 36-9	Hopper Slope Unit	22	Inland Side (115-165)	----		
					Final Assy.	25	(Shell Base) x (Bilge Part) x (Hopper Slope)	8 days		

コード：
S.A.W.　サブマージアーク溶接

L	段取り	Ins	ブロック検査
B	焼き	OF	艤装
AR	配置	P	塗装
F	取付	T/O	反転

図 7−7　ブロック情報リスト

７．３　艤装計画（Outfit Planning）

最初のバルクキャリアでの艤装計画は、IHI の手法を用いて開始された。IHI のプロセス通りに、船全体を連続した艤装区画に分割し、それぞれの区画において必要な艤装作業が計画された。この計画作業をエンジニアリングや調達といったものと密接に結び付ける試みは行わなかったが、これは将来広範に渡って研究と適用が必要となってくる計画活動の優先性を考慮した結果である。

LSCO の計画者によって選択された艤装区画は、基本的に IHI 手法の作業区画であり、船殻のブレイクダウンの際に認識されたブロックの小組と大組の取扱を第一としている。

各作業区画での計画には、各ブロックの組立で必要となる艤装資材（電気を除く）の部品それぞれの識別が含まれている。こうした構成物は、IHI の取付資材表（MLF）と同様な、資材情報表（Material Information List）としてまとめられる。この表によって各構成物を識別するだけでなく、その構成物が、ブロック組立の建造サイクルのどの時点で、誰によって、どのくらいの工数で取り付けられるかについても判明する事になる。図 7－8 は資材情報表の例である。

LEVINGSTON SHIPBUILDING CO.
MATERIAL LIST FOR STEEL

HULL NO. 758
UNIT NO. 54　PAGE 1 OF 5 ALT. ___
UNIT DESCRIPTION VERT. LADDERS BELOW MD. ☐ ORANGE ☐ GULFPORT ☐ WOODVILLE ☐ TYLER

	BY	CHKD	DATE
ENGINEERING	RRC	L.P.	11-4-84
MOLD LOFT			
PROD CONTROL			

DWG NO.	COMP NO. OR SUB-ASSY	PIECE NUMBER	DESCRIPTION	QUANTITY P	S	T	ITEM	PROCESS	LINE	TOTAL LIN-SQ FEET	WEIGHTS UNIT	TOTAL	NC TAPE/ TEMPLATE	MATERIAL REMARKS/CUT FROM	PAINT	MAT'L SPEC.	REQ'N NO.	LN
			VERT LADDERS				35-01		1									
5-758 SL-10			V.L. # 1	-	-	10			2									
			F.B. 3/8" x 2" x 3'-10"	-	-	20			3	77	2.55	196	TAB	(52) F.B. x 20'-0"		A-36	16111	1
			Sq.B. 3/4" x 1'-4 5/8"	-	-	10			4	55	1.91	105	TAB	(35) SQ.BAR x 20'-0"				3
		"F"	F.B. 3/8" x 3" x 0'-3"	-	-	40			5	10	3.83	38	TAB	(1) F.B. x 20'-0"				2
									6									
5-758 SL-11			V.L. # 2	-	-	4			7									
			F.B. 3/8" x 2" x 8'-11 1/4"	-	-	8			8	72	2.55	184	TAB	RMT. L-3				
			Sq.B. 3/4" x 1'-4 5/8"	-	-	36			9	50	1.91	96	TAB	RMT. L-4				
		"G"	F.B. 3/8" x 2" x 0'-9 3/4"	-	-	8			10	7	2.55	18	TAB	RMT. L-3				
									11									
5-758 SL-12			V.L. # 3			2			12									
			F.B. 3/8" x 2" x 11'-10"	-	-	4			13	47	2.55	120	TAB	RMT. L-3				
			Sq.B. 3/4" x 1'-4 5/8"	-	-	24			14	33	1.91	63	TAB	RMT. L-4				
		"A"	∠ 2" x 2" x 1/4" x 2'-2 1/2"	-	-	8			15	18	3.19	57	TAB	(15) ∠ x 20'-0"			16111	5
		"B"	∠ 2" x 2" x 1/4" x 2'-2 1/2"	-	-	4			16	9		29	TAB	RMT. L-15				
									17									
5-758 SL-13			V.L. # 4	-	-	2			18									
			F.B. 3/8" x 2" x 22'-1 1/2"	-	-	4			19	89	2.55	227	TAB	RMT. L-3				
			Sq.BAR 3/4" x 1'-4 5/8"	-	-	48			20	58	1.91	111	TAB	RMT. L-4				
		"B"	∠ 2" x 2" x 1/4" x 4'-7 3/4"	-	-	8			21	37	3.19	118	TAB	RMT. L-15				
		"C"	∠ 2" x 1 1/2" x 1/4" x 0'-4"	-	-	4			22	1	2.77	3	TAB	(1) ∠ x 20'-0"			16111	4
		"H"	F.B. 3/8" x 3" x 0'-3"	-	-	4			23	1	3.83	4	TAB	RMT. L-5				
									24									
									25									

図 7－8　資材情報表の例

パイプの加工は、IHI と同じ方法で行われる。パイプの構成物は、区画番号や要求日、内作加工か購入か、といった全ての関係した情報も記載された、個々のパイプ資材表（Pipe Material List）にまとめられる。この表の情報から、管工場や資材管理の担当者が使用するパイプ加工予定が作成される。

取付構成物とパイプの 2 つの資材リストはブロック組立を基にして作成される為、ブロック組立の中での鋼材の加工と組立と予定を一致させる事が可能となる。

IHI のように、こうした計画を行う目的は、船殻組立の行われてる定盤において、可能な限り多くの先行艤装を行い、伝統的手法である広範囲な船内艤装を削減する事である。

計画・予定システムや、生産システムそれ自身においても、新しいゲートシステムへの移行において発生する多くの変更箇所によって、第一船建造における艤装計画の効率が最小化されてしまうことになる。先行艤装の割合を余りにも大きくし過ぎれば、船殻組立プロセスにおいて工数が過大となり、また資材が集中し過ぎてしまう事になる。しかし機関室の床のような主要なブロックは、組立定盤で艤装を行い、完成したモジュールとして搭載が行うことが可能なようにされている。こうした先行艤装計画は、建造が連続する度に、より多く適用されている。

艤装計画の最初の導入の際、IHI のパレット仕分コンセプトが、艤装活動の適用に成功する為に必須なものであることが明確となった。IHI のコンサルタントと LSCO の工業エンジニアとが何度かの研究を重ね、パイプや他の艤装構成物の収集を支援を行う為に、パレット仕分システムを開始する為に最小限の必要項目を確認した。研究が完了すると、研究から得られた勧告が適用され、幾つかの異なった種類の艤装パレットが使用されるようになった。パレット仕分のコンセプトは、特定の予定通りに艤装場所へと資材を載せてパレットが正確に運航されることだけではなく、予定や人材、取付スケッチ、図面の作成に必須な情報も含んでいるということである。このパレット仕分システムは、LSCO でも艤装作業で実行されたが、しかし IHI で行われている程に精密なものではなかった。システムがより完全になれば、LSCO のシステムも IHI のものに近い物になるのではないかと期待されている。

７．４　予定の作成（Schedules）

IHI で使用されている予定と似た、ピラミッド構造を成した幾つもの予定は、ゲートシステムを支援するために開発された。これらの予定は、造船所の予定の最上層である建造線表（Key Erection Plan）から始まり、船毎の搭載大日程（a Ship Erection Master Schedule）、最終ブロック組立大日程（Final Assembly Master Scedule）、ゲート毎に作成される幾つ

かの大日程、そしてゲート毎の詳細予定という構成になっている。図 7－9 から 7－14 は、ゲートシステムを支援するために現在使われている、幾つかの種類の予定表の例である。

図 7－9　最終ブロック組立大日程

図 7－10　ブロック大日程？

COMPONENT ASSEMBLY MASTER SCHEDULE

MAY　JUN

図 7－11　構造物組立大日程？

PANEL LINE MASTER SCHEDULE

MAY　JUN

図 7－12　パネルライン大日程？

Levingston

LONG TERM GATE SCHEDULE

GATE: 26 STATIONS: 125, 127, 129, 131

PROCESS: FINAL ASSEMBLY

PREPARED BY: G.G.
DATE: 3/8/80
ISSUE DATE: 3/25/80

	MARCH				APRIL				MAY				JUNE				
W/E:	3/9	3/16	3/23	3/30	4/6	4/13	4/20	4/27	5/4	5/11	5/18	5/25	6/1	6/8	6/15	6/22	6/29
TONNAGE EST:	15	30	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	30
ACT:																	
MANNING F:	4	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4
W:	–	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	8
TOTAL:	4	12	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	12

図 7－13　ゲート長期予定

Levingston

SHORT TERM GATE SCHEDULE

GATE: 26 STATIONS: 125, 127, 129, 131

PROCESS: FINAL ASSEMBLY

PREPARED BY: G.G.
DATE: 3/24/80
ISSUE DATE: 3/24/80

W/E:	4/6/80					4/13/80					4/20/80					4/27/80									
	M	T	W	T	F	M	T	W	T	F	M	T	W	T	F	M	T	W	T	F	M	T	W	T	F
TONNAGE EST:	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ACT:																									
MANNING F:	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
W:	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
TOTAL:	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

図 7－14　ゲート短期予定

７．５　配員計画（Manpower planning）と効率の測定

ゲートシステムの適用と、計画によって、造船所内の各作業に必要な工数と、労働力水準（manpower levels）とを計算する良い機会を得る事ができた。労働力水準と工数は、生産管理担当者によって最初に見積もられ、現在はこれと実績とを照らし合わせているところであるゲートが最大に機能を発揮し始めたら、こうした見積もりは、実績と比較して調整しつつ、各プロセスゲートの標準値となるだろう。

既に活動しているゲートの効率測定もまた開始され、まずは重量ベースで計算されている。時間単位の溶接材料の使用量の研究もまた行われており、将来、効率測定活動の一つとなる予定である。

７．６　（セミナーでの発表時点での）現在における LSCo での導入状況

ゲートシステムの適用において、LSCO は IHI の生産計画・管理技術の採用に完全に同意した。IHI の技術は、LSCO の施設や能力、人的組織に合うように変更する必要性があった。精度管理や、分散された計画・生産管理、分散された作業グループやスタッフグループといった組織、そして計画や予定情報の各作業場所への全体的な伝達といった、システムの周辺面の多くにおいて、IHI の完全な適用レベルにまでは達していない状態である。

伝統的な造船生産システム全体の方向性の再決定は、ようやく始まった所である。膨大な人員の訓練も、施設や資材フローの再構成と同様に必要であり、長期にわたって一つ一つ注意深く行わなければならない。

現在､LSCO で適用されているのは､IHI で使われている計画手法のごく一部のみである。表 7－1 は、IHI の計画技術と、現在 LSCO で使われている技術とを比較したものである。表で示されている LSCO ではまだ適用されていない計画技術も、もちろん何らかの形で達成されているものの、一般には､IHI の物よりも定まっていなかったり、より認識できていない状態である。例えば、LSCO で適用されていないと書かれている作業指示計画図（Working Instruction Plan）の多くは、LSCO のエンジニアや工業エンジニアの活動の一部として実行されている。技術移管プログラム（Technology Transfer Program）において LSCO は、まずは、船殻の加工、小組、組立、搭載、そして先行艤装とユニット艤装、船内艤装に関係する計画に比重を置き、この計画と管理手法をマスターし完全に適用するまでは、他の種類の計画については先延ばしすることにしている。

IHIの計画・管理技術	LSCOで適用されたもの
船殻ブロック計画	適用
ブロック組立計画	適用
組立仕様計画	不完全
作業指示計画図	未適用
マーキング図	
切断図（カッティングプラン）	
曲げ図	
ブロック部品表	
仕上げ寸法図	
小組図	
大組図	
大組冶具一覧表	
揚重指示図	
ブロック搭載配置位置図	
盤木・支柱配置図	
溶接指示図	
足場配置図	
艤装計画図	
艤装区画図図	適用
資材注文区画図	未適用
作業区画図	適用
MLS、MLP、MLC、MLF	資材情報リスト

表7－1　LSCOで適用された計画・管理技術

基本的な生産システム、資材管理システム、そして配員計画と効率測定システムは全てLSCO造船所で適用されており、こうしたシステムの実施状態はまだ完全とは程遠くはあるものの、基本的な決定は為され、LSCO造船所のプロセスの再構築を完了すべく、少しずつ進んでいる。図7－15は現在のLSCOの計画、予定作成、配員管理システムのダイヤグラムを示したものである。

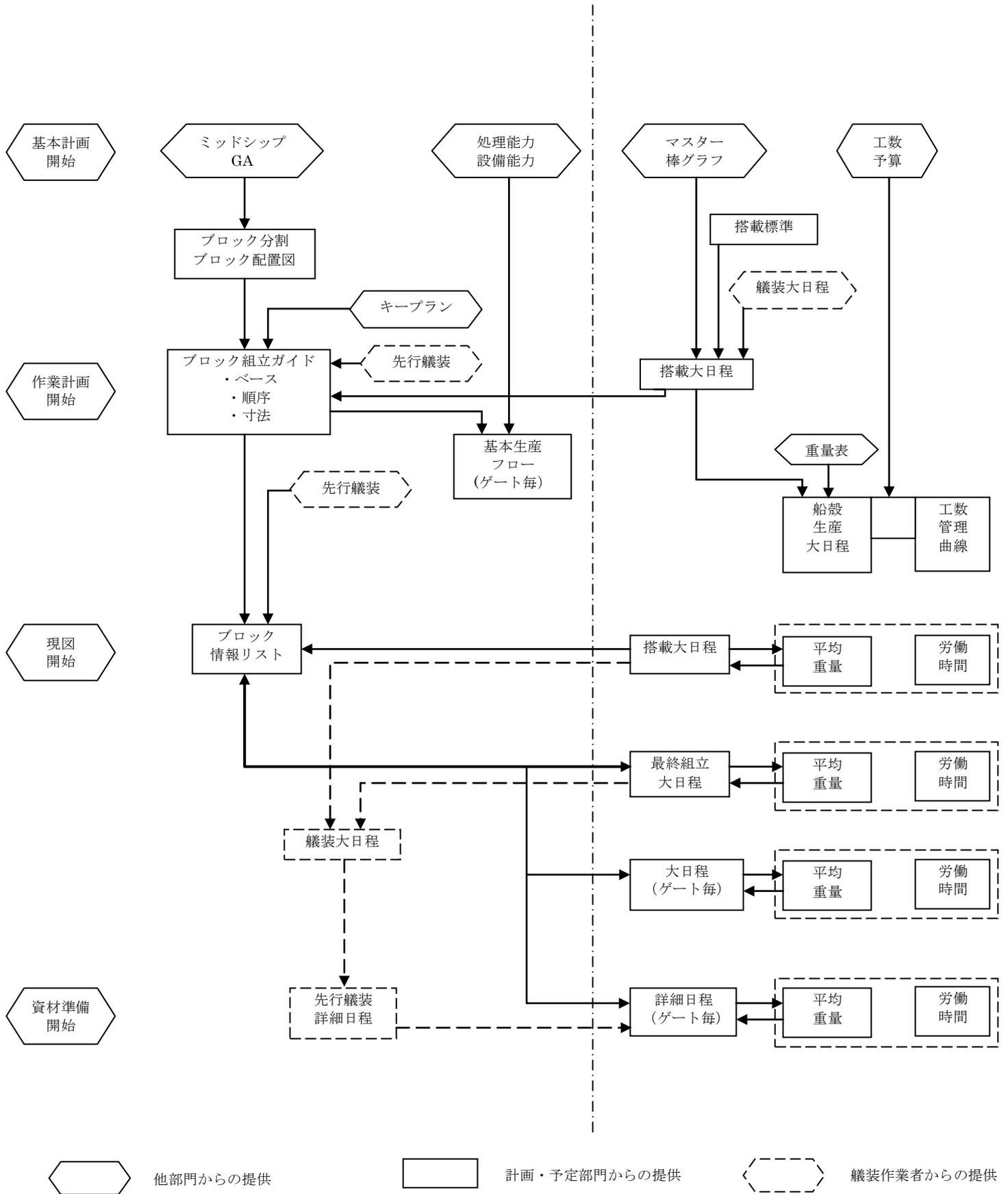



図 7－15　LSCO の計画・予定作成フロー

８．　米国造船所での適用

８．１　概要

IHI の計画・生産管理システムを米国の典型的な造船所に導入する事は、全く持って実践可能であり、望ましくもある。しかし、米国の造船所でこのシステムを創り上げるためには、計画・予定作成のやり方だけでなく、生産システムそのものに至るまでの大がかりな変更が必要となる。

これまでにも述べてきたように、日本式システムの肝は、「プロセスレーン」を通して行われる生産の組織である。IHI で使用されている計画・生産管理手法を創設するにあたって、このプロセスレーンは無くてはならないものである。そのため、「中間製品」や「モジュール」といった種類の造船手法を用いていない造船所に対して、幾つもの根本的な変更を強制することになる。

多くの米国の造船所でもモジュール建造方式が実践されているものの、こうした手法の潜在的能力を、日本で行われているように完全に発揮させる事については稀である。この原因は主に、伝統的手法と生産システムの変更に対する消極性とに帰せられる。多くの造船所における物理的施設の再構成には、多くの金と時間とが必要になる。建造最中にこうしたシステム変更を行えば、作業が大幅に妨げられる事になる。その為、こうした生産システムが明確に効率的で生産性の向上に役立つ事が分かっていながら、多くの造船所でその適用に消極的になっていることも、理解できるのである。

IHI システムの創設には、船の契約の時点から導入計画を開始しなければならない。加工開始の前に殆どの生産計画を終了させておく必要がある事から、生産計画は設計作業の一部として行われなければならない。生産計画を意味のあるものにするには、当然に船殻・艤装どちらもの生産システムが揃って作成され、そして一度加工が始まったら、生産予定を素早く、最適に作成する事を適切に支援しなければならない。

この種類の計画・管理システムの創設には、それ自身においても幾つかの大きな障害物がある。最も手ごわい物は、もちろん、生産システムを「プロセスレーン」式の組織へと再編成し直さなければならない事である。2 つ目に大変な事は、新しい生産構造上で、計画・生産管理システムを開発しなければならない事である。それに加えて、人員の抑制や資材流通／取扱／管理、先行艤装、そして精度管理や品質管理手法の新システムへの適用と言った事の全てが、利益になり、生産速度を落とさない英密な構成物を形作るべく全ての面において統合されるように、調査されなければならない。

造船所毎に、場所や地勢的配置、設備の配置、機械や機器や輸送施設の物理的工場構成などについて、それぞれ独自性を持っており、更にこうした事は労働力の技能レベルやその他の特質などと関係を持っている。その為、各造船所は、日本の生産コンセプトを適用するにあたって、何らかの異なった手法をそれぞれ取らざるを得ないのである。IHI で用い

られている手法の全てが直接適用されたわけではないが、しかし一般的な手法については例外なく適用可能である。

８．２　船殻

船体をブロック組立物（もしくは中間製品）への分割を考慮した IHI のやり方は計画システムと、また当然のことながら生産システムの基本である。IHI 手法のこの面だけならば、IHI の造船所における、計画から予定作成、配員、効率測定に至るまでの全てにおいて実践されている。生産システムは、船台上で搭載されてゆくブロックの小組や大組を組み立てるために必要な構成物を生産して行く為に組織化されている。この加工から組立への流れは、各製品の効率と精度を共に改善して行く生産ステップを完全なものにして行くという目的のためには、全くもって論理的でかつ実践的ある。

船をブロックへと分割したら、今度はブロックごとに部品や製造プロセスの定義を行う。この計画を行っている際の個々の（且つ、統合的な）部品は、ブロックへと共に統合される艤装構成物の識別と予定作成とも関係してくる。

計画作業が終わると、この計画が各プロセスのステージやサブステージにおける配員計画の基礎となり、配員と予定との関係付け作業を繰り返し行い、それによって最短の予定で最適な山積みである予定の階層構造が出来上がって行く。

この種類の船殻計画と船殻建造は、そこで作られ使用される生産システムに大きく左右され、広い範囲に渡ってその効率も予期可能となっている。IHI は生産システムを 15 から 20 年もの長きにわたって作り上げ、そしてシステムの効率をより向上させるために現在も尚、改善を続けている。（日本の造船所において）作られたシステムが既に存在しているにもかかわらず、日本の生産効率に近い目標を達成するには、米国の造船所はシステム開発に苦労する事になるだろう。どのような生産設備であってもそれを再編成するには全社的な同意と改革への献身が必要であり、そして造船のように複雑な造船業界においては、変化は直ぐに現れないものである。

IHI の他のシステムの多くとは異なり、計画と生産管理システムはシステムの一部のみを選択して採用可能なわけでも、長期間にわたって少しづつ段階的に採用可能なものでもないのである。計画システムは生産システムと密接に関係している為、それらはお互いに反映し合うようになっていなければならず、全体のシステムの多くが効率的に運用されるようなレベルになるまでは、明確な効果は出て来ないだろう。そして、ある程度、計画と予定作成技術が出来上がり、生産において何らかの効果を出し始めたとしても、日本のシステムのように生産性において大きな進歩を成すには、計画と生産管理システム全体での適用を待たなければならない。

８．３　艤装

先行艤装は、建造コストを大幅に削減する手法の一つとして、広く議論されている分野である。多くの米国の造船所でも、困難な作業である船内艤装を削減する為に、先行艤装のようなものを採用している所がある。しかし IHI での先行艤装の実践は、船殻の組立ブロック並びに、そのブロックを生産する生産システムと直接に関係しているのである。IHI で使用されている先行艤装の原理の研究と適用には、その造船所の船殻建造の原理と一致している必要がある。その条件が満たされなければ、IHI の先行艤装手法の利用によって得られる利点は微々たるものとなり、却って生産予定において有害にすらなり得るのである。

先行艤装は、もちろん米国の造船所でも幾つかの方法で適用可能である。確かに、IHI の手法はこの重要な分野における代替手段であるだけではない。搭載もしくは船内艤装での時間の削減に役立つ先行艤装の全ての手法が、コストの削減に寄与するものの、といって先行艤装そのものは、貧弱な生産効率の為の万能薬ではないのである。むしろ、全体的な計画・生産システムへと統合すべきである、生産の多くの面の一部分でしかないとも言える。伝統的な建造システム（例えば船台の上で組立と搭載とが行われているような）で IHI の先行艤装手法を適用しようとする試みは、単に上手く行かないだけでなく、伝統的アプローチから大幅に変更された生産システムだけにおいてすら、こうした手法は極めて困難で一般的に不効率である。

LSCO での IHI システムの研究によって、IHI の実践において最優先されるべき公理（over-riding axiom）の一つが判明した。これは、IHI の建造システムは完成度が高く全体的に高度に統合されており、部分部分においては米国の造船所においても適用可能であり、また効果を出す事も可能であるが、しかし全体システムを完全に適用する事によってしか、生産における大幅な効率上昇が得られないということである。IHI 生産システムの適用を通してのみでしか、IHI の計画・生産管理システムの直接の導入は意味を成さず、生産システムの適用によってのみ、IHI の先行艤装手法は大きな効果を生むのである。計画と生産管理システムの部分部分は、それぞれが他の部分とに依存しているのである。それぞの部分のみが独立して存在はできない仕組みになっているのである。

８．４　結論

IHI の計画・生産管理システムは、IHI の造船所においては、包括的で効率的なシステムであるが、IHI の造船所における生産システム、生産手法、生産プロセス、そして生産技術とに全体的に依存している為、米国の造船所で適用を上手く行えるかどうかは、その生産手法を変更するか否かにかかっている。
米国の造船所が、適用する事で生産性が大幅に向上するという、IHI の計画・生産計画システムを上手く真似できたとしても、両国の文化的な違いを考慮するに、日本によって達成されている生産性のレベルには米国の造船所は達する事が出来ないのではないか、という疑問も多少残っている。計画・生産管理システム以外の、多くの他の生産性も、究極的な生産性に等しく影響を持ち、そして生産のこの分野が米国にとって適用可能な技術である点において各段に明確であるにも関わらず、（人間関係のような）非技術的な適用分野もまた、同様に影響を及ぼす可能性も十分にあるのである。ともかく、米国の造船所は、この技術範囲を研究する事により直接助かる事は無いが、それによって利益を引き出す事は可能なのである。